دَائِــــرَةُ مَعَـــارِفِ الْقَرْنِ الْحَادِي وَالْعِشْرِين
لِلْعُلُومِ وَالتِّكْنُولوجْيَا الْمُتَطَوِّرَةِ وَالطَّبِيعَةِ




# ٢ الْفَضَاءُ والْكَوَاكِبُ 2



Mhgool.com


الناشرون

دار الكتاب المصرى
القاهرة

TIME LIFE BOOKS

دار الكتاب اللبنانى
بيروت

# الْمُحْتَوَيَاتُ

1

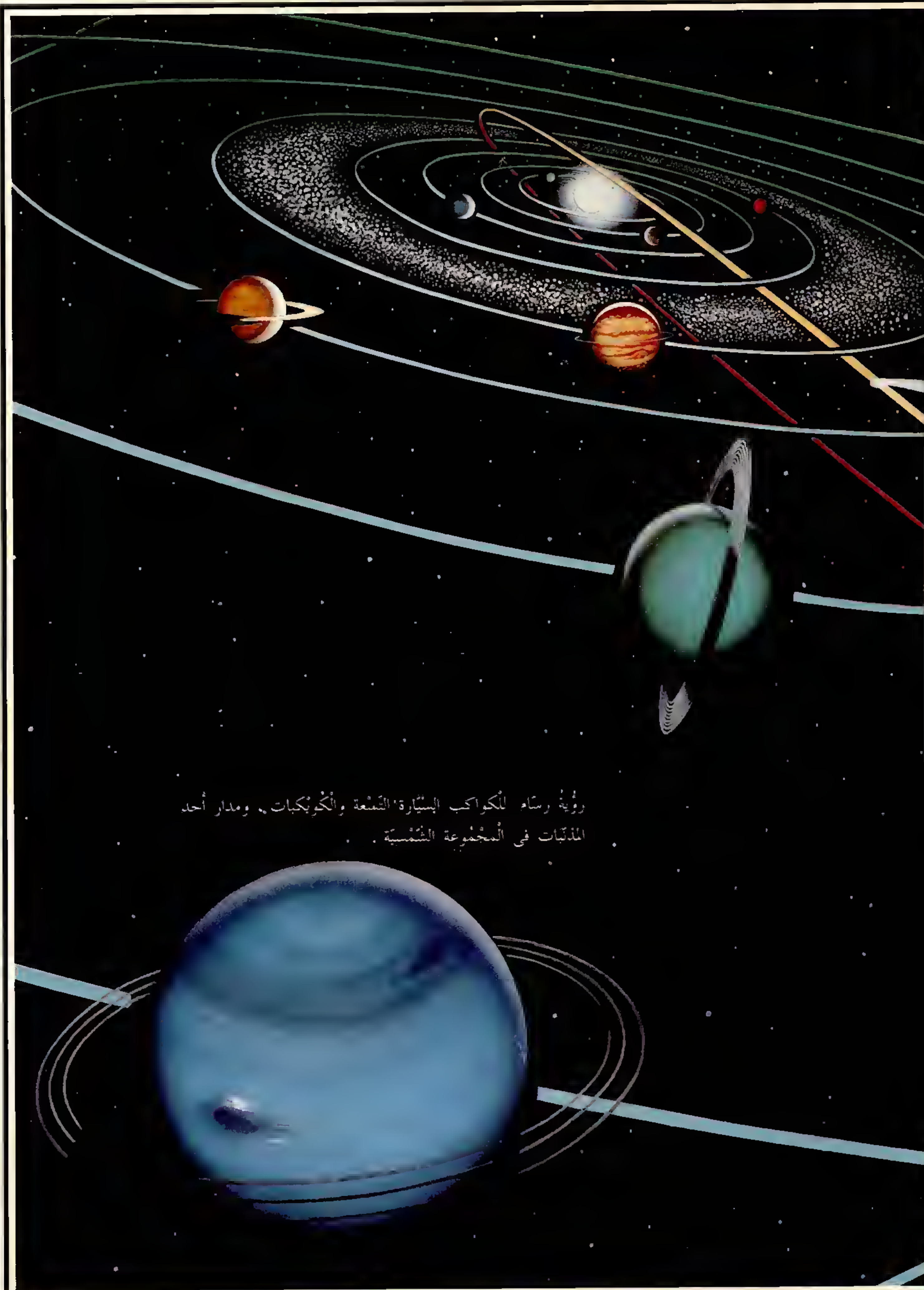
# 1 النِّظَامُ الشَّمْسِيُّ (الْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ)

إنَّ الْكَوْنَ كِتَابُ الله الْمَنْظُورُ ، نُحسُّ فِيهِ بِعَظَمَةِ الْخالِقِ وجَمَالِ خلْقِهِ . وَدِرَاسَةُ الْكَوْنِ تَتِمُّ مِنْ هَذَا الْمُنطَلَقِ . وَيَدُورُ دَوَرَانًا مِغْزَلِيًّا فِى هَذا الْكَوْنِ الْوَاسِعِ الْعَجِيبِ مِئَاتُ الْبَلاَيِين مِن الْمَجَرَّاتِ الَّتِى يَضُمُّ كُلٌّ مِنْهَا بَلاَيِينَ النُّجُومِ . وَأَحَدُ هَذِهِ الْمَجَرَّاتِ هُوَ مَجَرَّتُنَا : «الطَّرِيقُ اللَّبَنِى»، وقُرْبَ أَحَدِ أَطْرَافِهَا يَدُورُ حَوْلَ مَرْكَزِهَا النَّجْمُ الَّذِى نُسَمِّيهِ الشَّمْسَ . وَتُمِدُّنَا الشَّمْسُ بِالْحَرَارَةِ وَالضَّوْءِ مِنْ مَوْضِعِهَا فِى مَرْكَزِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ .

وَتَدُورُ الْأَرْضُ وَثَمَانِى كَوَاكِبَ سَيَّارَةٍ أُخرَى حَوْلَ الشَّمْسِ . وَبَعْضُ الْكَوَاكِبِ لَهُ أَقْمَارٌ . وَتَرْتِيبُ الْكَوَاكِبِ حَسْبَ قُرْبِهَا مِن الشَّمْسِ هُوَ عُطَارِد ، الزُّهَرَةُ ، الْأَرْضُ ، الْمرِّيخُ ، الْمُشْتَرِى ، زُحَلُ ، يُورَانُوس ، نِبْتُون وَأَخِيرًا بُلُوتُو . ويَطُوفُ حَوْلَ الشَّمْسِ فِى الْمِنْطَقَةِ الْعَرِيضَةِ بَيْنَ الْمَرِّيخِ وَالْمُشْتَرِى عَدَدٌ لَا يُحْصَى مِن الكُوَيْكِبَاتِ أَو النُّجَيْمَاتِ ، وَجَلَامِيدُ صَغِيرَةٌ مِن الْمَادَّةِ . وَتَدُورُ مُذَنَّبَاتٌ عَدِيدَةٌ حَوْلَ الشَّمْسِ أَيْضًا .

وَتَرَى إِلَى الْيَسَارِ رَسْمًا للنِّظَامِ الشَّمْسِيِّ مَأْخُوذًا مِنْ وَرَاءِ بُلُوتُو مُبَاشَرَةً ، ويَظْهَرُ نِبْتُون فِى أَقْصَى الْيَسَارِ أَسْفَلَ . وَمِنْ هَذِهِ الْمَسَافَةِ الْبَعِيدَةِ ، تَظْهَرُ الشَّمْسُ صَغِيرَةً بَاهِتَةً ، رَغْمَ أَنَّهَا أَكْبَرُ الْأَجْسَامِ فِى الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَالْمُذَنَّبَاتُ أَكْثَرُ المدَارَاتِ شُذُوذًا فِى النِّظَامِ الشَّمْسِيِّ ، وَتَطُوفُ دَوْرِيًّا مُقْتَرِبَةً مِن الشَّمْسِ . وَقَدْ تَتَحَرَّكُ بَعْضُ الْمُذَنَّبَاتِ إِلَى حَافَةِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، حَيْثُ قَدْ تَجمَعُ أَجْزَاءَ مِن الْمَادَّةِ الْأَصْلِيَّةِ الَّتِى تَكَوَّنَتْ مِنْهَا الْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ .

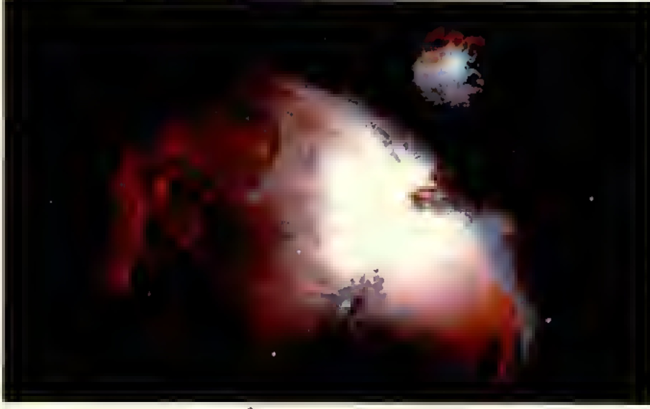
وَسَيَفْحَصُ هَذَا الْكِتَابُ الشَّمْسَ وَالْأَجْسَامَ الْمرئِيَّةَ فِى السَّمَاءِ لَيْلًا ــ الْكَوَاكِبَ ، وَالْأَقْمَارَ ، وَالنُّجُومَ ، وَالطَّرِيقَ اللَّبَنِيَّ وَبَعْضَ الْمَجَرَّاتِ الْأُخْرَى ــ وَالْبَعَثَاتِ إِلَى الْفَضَاءِ الَّتِى تُسَاعِدُ الْعُلَمَاءَ عَلَى فَهْمٍ أَعْمَقَ لِلْكَوْنِ . وَالْفَصْلُ الْأَوَّلُ يَبْحَثُ فِى نَشْأَةِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ .



رؤيةُ رسّام للكواكب السيّارة التسعة والكُويكبات، ومدار أحد المذنّبات في المجموعة الشمسيّة .

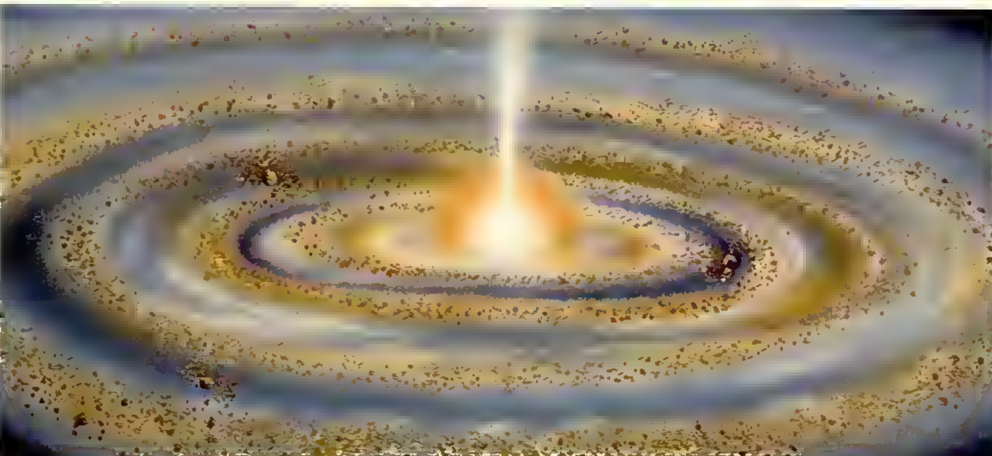
# كَيْفَ بَدَأَتِ الْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ ؟

رَغْمَ أَنَّ الْمَجْمُوعَةَ الشَّمْسِيَّةَ تُعْتَبَرُ صَغِيرَةً بِمِقْيَاسِ الْكَوْنِ ، إِلَّا أَنَّهَا تُعْتَبَرُ كَبِيرَةً جِدًّا بِالنِّسْبَةِ لِلْأَرْضِ . فَالضَّوْءُ الَّذِى يَنْتَقِلُ بِسُرْعَةِ ١٨٦٢٨٢ مِيْلًا / ثَانِيَةً يَسْتَغْرِقُ ٨,٤٥ دَقِيقَةً مِنَ الشَّمْسِ إِلَى الْأَرْضِ ، ثُمَّ يَسْتَغْرِقُ خَمْسَ سَاعَاتٍ ، ١٨ دَقِيقَةً أُخْرَى لِيَصِلَ إِلَى بُلُوتُو . وَلَا يُمْكِنُنَا رُؤْيَةُ الْكَثِيرِ فِي هَذِهِ الْمَسَافَةِ الْهَائِلَةِ . وَلَكِنْ بِالْمُلَاحَظَاتِ الْجَادَّةِ خِلَالَ التِّلِسْكُوبَاتِ ، وَالْبَعَثَاتِ إِلَى الْفَضَاءِ تَمَكَّنَ الْفَلَكِيُّونَ مِن جَمْعِ مَعْلُومَاتٍ كَثِيرَةٍ سَاعَدَتْهُمْ فِي شَرْحِ أَصْلِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَيَعْتَقِدُ الْعُلَمَاءُ أَنَّهُ مُنْذُ حَوَالَى ٥ بَلَايِينَ سَنَةٍ ، تَكَوَّنَتِ الْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ بِالْمَرَاحِلِ التَّالِيَةِ :


سَدِيمُ الْجَبَّارِ الْكَبِيرُ هُوَ مَسْقَطُ رَأْسِ نُجُومٍ كَثِيرَةٍ .







**١ السَّدِيمُ الْأَصْلِيُّ** : مُنْذُ حَوَالَى ٥ بَلَايِينَ سَنَةٍ ، انْطَلَقَتْ سَحَابَةٌ مِنَ الْغَازِ وَالْغُبَارِ — مِثْلُ السَّدِيمِ الذى باليسار — من سحابة أكبر فى الطَّرِيقِ اللَّبَنِى (أو سكة التبانة) لِتُكَوِّنَ الْمَجْمُوعَةَ الشَّمْسِيَّةَ . وَتَحْتَ تَأْثِيرِ الْجَاذِبِيَّةِ الذَّاتِيَّةِ فِي مَرْكَزِهَا سَحَبَتِ السَّحَابَةُ الْمَادَّةَ إِلَى الدَّاخِلِ ثُمَّ أَخَذَتْ فِي الِانْكِمَاشِ وَالدَّوَرَانِ .

**٢ قُرْصٌ دَوَّارٌ** : وَأَثْنَاءَ دَوَرَانِ السَّحَابَةِ ، زَادَتْ كَثَافَةُ الْمَادَّةِ الْمُتَجَمِّعَةِ فِي الْمَرْكَزِ وَأَصْبَحَتْ شَدِيدَةَ السُّخُونَةِ مُكَوِّنَةً جَنِينَ الشَّمْسِ وَأَفْلَتَتْ بَعْضُ الْغَازَاتِ وَالْغُبَارِ المحيطَةِ بِالْمركزِ ، وَكَوَّنَتْ حَلْقَةً غَازِيَّةً أَحَاطَتْ بِالْقُرْصِ الدَّوَّارِ .

**٣ أَجِنَّةُ الكواكبِ تتكوّن** : وَبَيْنَمَا ازْدَادَتْ سُخُونَةُ مَرْكَزِ الْقُرْصِ بِاسْتِمْرَارٍ ، فَإِنَّ الْحَافَةَ الْخَارِجِيَّةَ أَخَذَتْ تَبْرُدُ . وَتَكَثَّفَ الْغَازُ وَالْغُبَارُ إِلَى دَقَائِقَ تَجَمَّعَتْ مَعًا . وَبَدَأَ تَكَوُّنُ أَجِنَّةِ الكواكبِ — وَهِيَ أَجْسَامٌ دَقِيقَةٌ تُشْبِهُ الْكَوْكَبَ — مِنَ الْحَدِيدِ وَالنِّيكَلِ وَالصُّخُورِ وَالْجَلِيدِ . وَرُبَّمَا كَانَ يَطُوفُ حَوْلَ الشَّمْسِ الْأَوَّلِيَّةِ بَلَايِينُ الْبَلَايِينِ مِنْ هَذِهِ الْأَجِنَّةِ .

## كَوَاكِبُ مِن الصُّخُورِ أَو الْغَازَاتِ

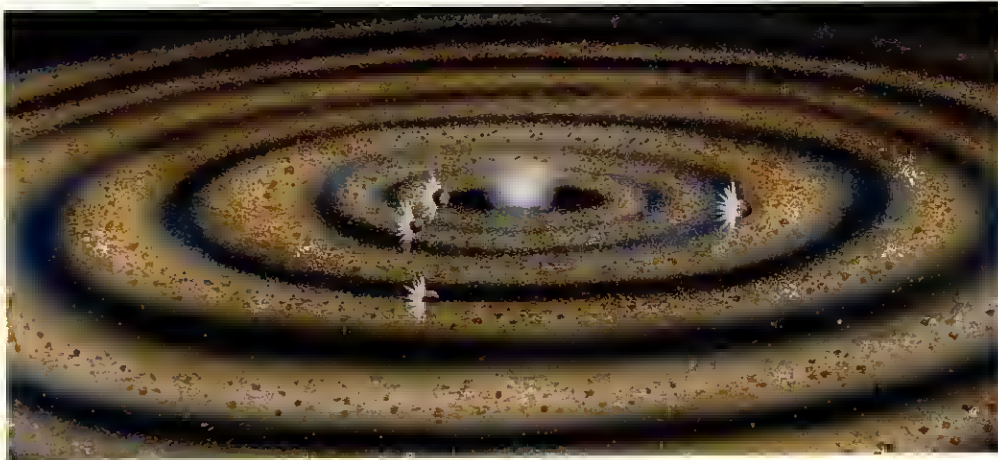
الكَوَاكِبُ السَّيَّارَة الصَّخْرِيَّة — الأَرْض وَالزُّهَرَةُ وعُطَارِد وَالمِرِّيخ — يَتَكَوَّنُ مُعْظَمُ كُلٍّ مِنْهَا مِنْ مَادَّةٍ جَامِدَةٍ ، وَقَدْ تَكَوَّنَتْ نَتِيجَةَ تَصَادُمِ الْكُوَيْكِبَاتِ (يسار). ويُوجَدُ فِي الْأَطْرَافِ الْبَعِيدَةِ الْبَارِدَةِ لِلْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ الْكَوَاكِبُ الْغَازِيَّةُ — الْمُشْتَرِى وَزُحَل وَأُورَانُوس وَنِبْتُون — وَقَدْ تَكَوَّنَتْ فِي الْبِدَايَةِ مِن الْغَازَاتِ الْمتَبَقِّيَة . أَمَّا بُلُوتُو فَهُو حَالَةٌ خَاصَّةٌ ، فَقَدْ يَكُون قَمَرًا صَخْرِيًا أَفْلَتَ مِنْ مَدَارِ نِبْتُون .



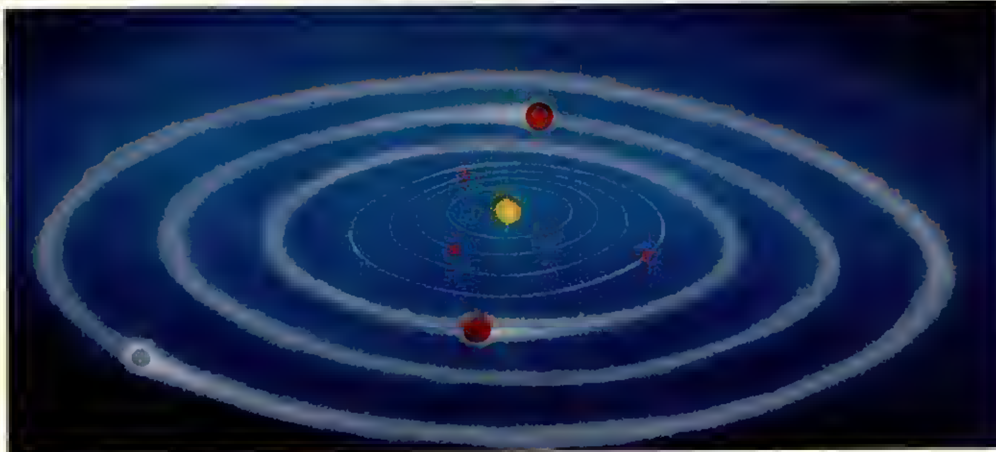
تَكَوُّنُ كَوْكَبٍ صَخْرِيٍّ



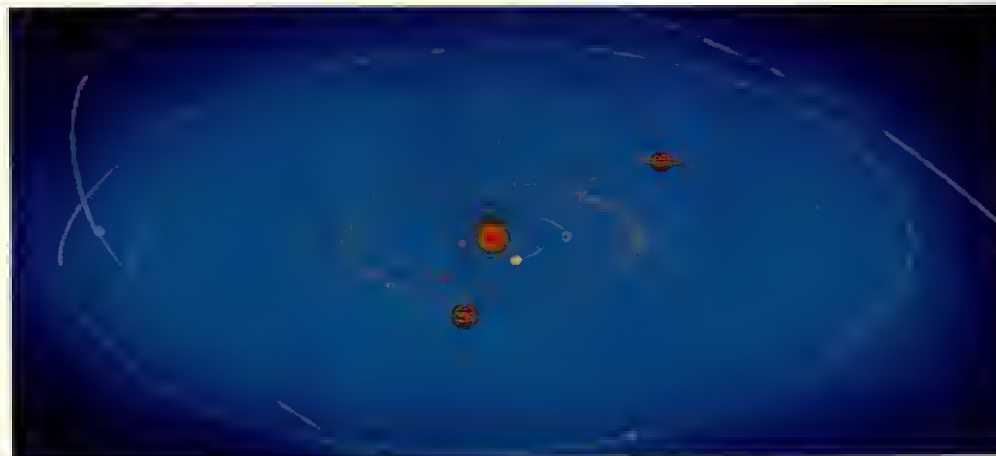
تَكَوُّنُ كَوْكَبٍ غَازِيٍّ



**٤ تَصَادُمُ الأَجِنَّة** : عِنْدَمَا تَصَادَمَت أَجِنَّةُ الكواكب مَعًا ، تَنَاثَرَ الْكَثِيرُ مِنْهَا ، وَلَكِنَّ بَعْضَهَا اتَّحَدَ مُكَوِّنًا جِسْمًا وَاحِدًا . وَعَادَةً ، فَإِنَّ الأَجِنَّةَ الْكَبِيرَةَ تَمْتَصُّ الصَّغِيرَةَ . وَبِمُجَرَّدِ أَنْ يَبْدَأَ الجَنِينُ نُمُوَّهُ فَإِنَّ كُلَّ تَصَادُمٍ يَزِيدُ حَجْمُهُ .



**٥ الْكَوَاكِبُ الْأَوَّلِيَّةُ تَتَكَوَّنُ** : وَبِمُضِيِّ الْوَقْتِ جَمَعَتْ بَعْضُ الأَجِنَّةِ الْكَبِيرَةِ مَادَّةً كَافِيَةً لِتَكْوِينِ الْكَوَاكِبِ السَّيَّارَةِ التِّسْعَةِ . وَخِلالَ هَذَا الْوَقْتِ ، كَانَت الشَّمْسُ الْأَوَّلِيَّةُ مُسْتَمِرَّةً فِي جَمْعِ مَزِيدٍ مِن الْمَادَّةِ فِي قَلْبِهَا ، وَأَصْبَحَتْ أَكْثَفَ وَأَسْخَنَ .



**٦ الأَقْمَارُ تَتَكَوَّنُ** : وَاسْتَقَرَّتْ بَعْضُ الْكُوَيْكِبَاتِ المتَبَقِّيَة فِي مَدَارَاتٍ حَوْلَ الْكَوَاكِبِ ، وَأَصْبَحَتْ أَقْمَارًا وَحَلَقَاتٍ . وَاشْتَعَلَ قَلْبُ الشَّمْسِ الْأَوَّلِيَّةِ وَتَوَهَّجَ . وَأَثْنَاءَ هَذِهِ الْعَمَلِيَّةِ انْتَشَرَ الْحُطَامُ الْمُتَبَقِّى مِن السَّدِيمِ خَارِجَ الشَّمْسِ فِى جَمِيعِ الاتِّجَاهَاتِ بِسُرْعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ مُكَوِّنًا مَايُعْرَفُ بِالرِّيَاحِ الشَّمْسِيَّةِ الَّتِى مَا زَالَتْ تَهُبُّ حَتَّى يَوْمِنَا هَذَا .

# لِمَاذَا يَمْتَلِئُ سَطْحُ كَوْكَبِ عُطَارِد بِالْفُوَّهَاتِ؟

عُطَارِدُ هو أقْرَبُ الْكواكِب السَّيَّارة للشَّمْس ، وهُو صغيرٌ ، ساخنٌ ، جافٌ ، عديمُ الْهواءِ . ومجالُ جاذِبيّته ضعيفٌ جدًّا إذا قُورِن بقُوَّة الْجذْب الْهائلة للشّمْس ، ولذلِك فلا يسْتطيعُ أنْ يجْذبَ أىّ غازات إليْه ، فليْس لهُ غِلافٌ جوّىّ . وتظْهرُ الشّمْسُ منْ على كوْكب عُطارد فى ضعْف حجْمها الّذى نراها به من الْأرْض . ويُكْملُ عُطاردُ دوْرتهُ حوْل الشّمْس فى ٨٨ يوْما أرْضيًا وتصلُ درجةُ الْحرارة ظهْرًا على النّصْف المواجه للشّمْس إلى ٨٠٠°ف ، وتنْخفضُ إلى ــ ٣٠٠°ف فى مُنْتصف لياليه الطّويلة المُتساوية ، وبذلك فإنّ لهُ أكْبر تغيّر فى درجة الْحرارة على سطْح أىّ كوْكب فى الْمجْموعة الشّمْسيّة . و سطْحهُ الصّخْرىّ الْقاحلُ يحْتفظُ بتاريخ الْكوْكب ، حيْثُ اصْطدمتْ به النّيازكُ والْمُذنّباتُ مُكوّنةً حُفرا منْ جميع الْأحْجام .



وجْهُ الْكوْكب الْمليءُ بالنّدب . صُورةٌ أُخذتْ من الْفضاء منْ سفينة مارينر ١٠ عام ١٩٧٤ . يظْهرُ فيها سطْحُ عُطارد خشنا مُمْتلئا بالْبثرات .

الْأرْض

الزُّهرة

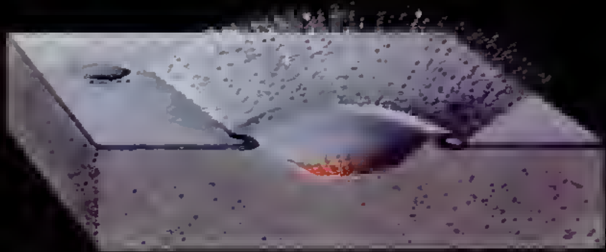
سطْحُ عُطارد الْمليءُ بالْحُفر

ريشةُ رسّامٍ تُوضّحُ أديم عُطاردَ الْعادىّ الْجافّ وتُبيّنُ انْدفاعَ الصُّخُور والْغُبار من تصادُم انْفجارىّ بالنّيازك . وتبْدُو الزُّهرةُ والْأرْضُ فى السّماء . ومثْلُ هذا التّصادُم على الْأرْض يُحْدثُ سحابةً كبيرةً . ولكنْ على عُطاردَ الْخالى من الْهواء ، تسْقطُ الصُّخُورُ والْأتْربةُ ثانيةً على سطْح الْكوْكب حيْثُ تصْنعُ الْقطعُ الْكبيرةُ من الصُّخُور حُفرا حوْل الْحُفرة الْأصْليّة . وتنْتجُ اهْتزازاتٌ عنْ هذه التّصادُمات ، ولكنّها بدُون صوْت لعدم وُجُود هواء .

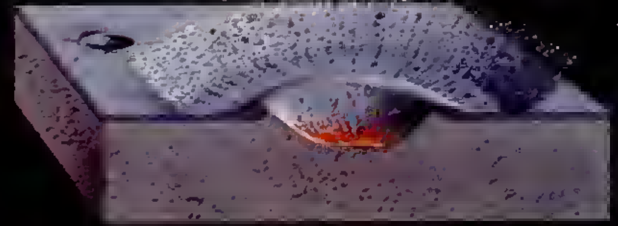
## كَيفَ تَتكَوّنُ الْحُفَرُ الكَبِيرَةُ وَالصَّغِيرَةُ عَلَى عُطَارِدَ ؟



١ اصْطِدامُ نَيْزكٍ . يَصْطَدِمُ نَيْزكٌ بسطْحِ عُطارِد . ويدْفعُ الصّخورَ والْأتْربةَ لأعْلى مثْلَ الْماءِ الْمُتناثرِ . ولأنّهُ لا يُوجدُ هواءٌ يُبْطئُهُ أوْ يُحرّكُهُ . فإنّ هذا الْحُطامَ يرْتفعُ عاليًا فوْقَ سطْحِ الْكوْكبِ .



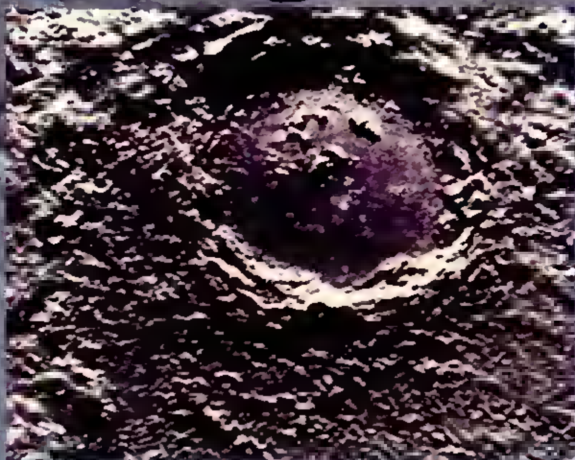
٢ هُبوطٌ عميقُ المدَى . وتَعْمَلُ الْجاذِبيّةُ على إبْطاءِ ارْتفاعِ الْحُطامِ . فتعُودُ الصُّخورُ والْأتْربةُ إلى السّطْحِ . والنّيازكُ الْأكْبرُ والْأسْرعُ تُحْدثُ الْحُفرَ الْأكْبرَ . وقوّةُ تصادُمها تُشتّتُ مُعْظمَ الصّخورِ بعيدًا .



٣ حُفرٌ صغيرةٌ وكبيرةٌ . الْحُطامُ الْمُتطايرُ عن التّصادُمِ يسْقُطُ على سطْحِ الْكواكبِ . ويُكوّنُ حلْقةً كبيرةً حوْلَ الْحُفْرةِ الْأولى . وقطعُ الْمادّةِ الْكبيرةُ تُكوّنُ بنفْسِها حُفرًا على السّطْحِ .



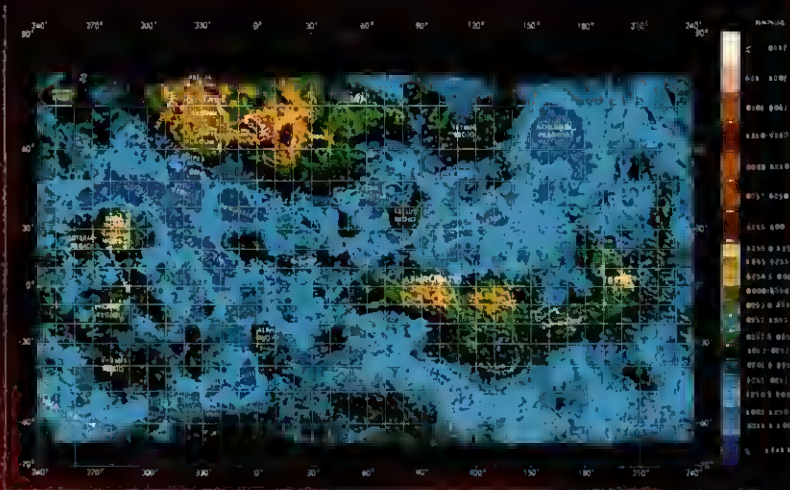
٤ أشعّةٌ صخريّةٌ وتُرابيّةٌ من التّصادُمِ . الصُّخورُ والْغُبارُ الّذى تناثرَ كالْماءِ يعُودُ إلى الْأرْضِ فى خُطوطٍ مُسْتقيمةٍ . وتكوّنُ الْأجْزاءُ السّاقطةُ بعيدًا عن الْمرْكزِ أشْكالًا تُشبهُ شُعاعَ دُولابِ الْعجلاتِ . والْأجْزاءُ الْأثْقلُ والْأكْبرُ تسْقُطُ بعيدًا عن الْمرْكزِ .

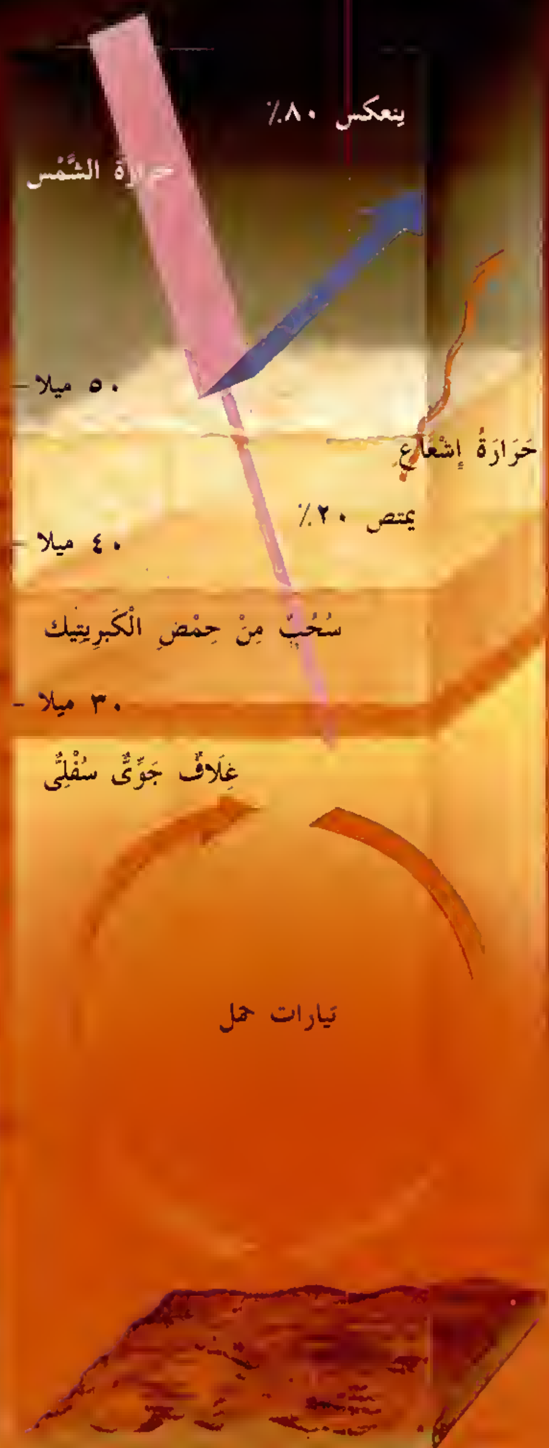


حلْقةُ حُفْرةٍ . مُعظَمُ الْحُفرِ (أو الْفُوّهاتِ) الْكَبِيرةِ على عُطارِدَ – مِثْلِ هٰذِهِ – تُحاطُ بِحُفَرٍ أصْغَرَ تَكوّنَتْ مِنْ نَفْسِ التّصادُمِ .

## خريطة لِلزُّهَرَةِ بالرَّادارِ

يَظْهَرُ فِي هَذِه الصُّورَةِ(يسار)تِلالٌ مُنخفضةٌ وحافاتٌ ، أمْكَنَ اكْتِشافُها تَحْتَ سَحابَةِ الزُّهَرَةِ بِواسِطَةِ مارِينر الَّذِى أطْلَقَتْهُ أمْرِيكا لِسَبْرِ أغْوارِ الزُّهَرَةِ . وَعَلَى الْجانِبِ الآخرِ لِلزُّهَرةِ تُوجَدُ جِبالٌ أطْوَلُ تُشْبِهُ سَلاسِلَ جِبالِ الأرْضِ الْمَطْوِيَّةَ مِثْلَ الهِيمَلايَا . وَتتكَوَّنُ هَذِهِ الْجِبالُ عَلَى الأرْضِ أثْناءَ الزَّلازِلِ ، عِنْدَما تَتَحَرَّكُ ألْوَاحٌ أوْ قِطاعَاتُ الْقِشْرَةِ الأرْضِيَّةِ ثُمَّ تَنْبعِجُ وَتَنْثَنِي . وَيظُنُّ الْعُلَماءُ أنَّ الزُّهَرَةَ تَتْبَعُ نَفْسَ أُسْلُوبِ بِناءِ الْجِبالِ أثْناءَ زَلازِلِ الزُّهَرَةِ الْعَنِيفَة .






## سُحُبُ الزُّهَرَةِ وَزُجَاجُ الصُّوباتِ

يَظَلُّ سَطْحُ الزُّهَرَةِ ساخِنًا لِوُجُودِ ثَلاثِ طَبَقَاتٍ بِغِلافِهِ الْجَوِّى تَمْنَعُ حَرارَةَ السَّطْحِ مِنَ النَّفاذِ . وتنعَكِسُ مُعْظَمُ حَرارةِ الشَّمْسِ السَّاقِطَةِ عَلَى غِلافِها الْجَوِّى الخارِجِيّ . وَيَنْفُذُ الْباقِى لِيُسخِّنَ الْكَوْكَبَ ثم لَا يُمْكِنُهُ الْخُرُوجُ مَرَّةً أخْرَى . وَرَغْمَ أنَّ اللَّيْلَ يَصِلُ طُولُهُ إلَى ٤ شُهُورٍ ، إلَّا أنَّ طَبَقَةَ ثَانِى أكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الكَثِيفَةَ تَحْفَظُ السَّطْحَ ساخِنًا .

دَاخِلَ الزُّهَرَةِ . التَّرْكِيبُ الدَّاخِلِىُّ لِلزُّهَرَةِ يُشْبِهُ الأرْضَ كَثِيرًا . وقِشْرَتُهُ رَفِيعَةٌ ، وَتُحِيطُ بِوِشَاحٍ مِنْ عَناصِرَ خَفِيفَةٍ مِثلِ السِّلِيكَاتِ ، ثم بَاطِنٍ أوْ لُبٍّ مِنَ الْمَعَادِنِ الثَّقِيلَةِ .



# مَا نَوْعُ كَوْكَبِ الزُّهَرَةِ؟

الزُّهرةُ ثانى الْكواكِب قُرْبا من الشَّمْس ، وأقْربُ الْكواكب من الأَرْض ، وحَجْمُهُ فى حجْم الْأَرْض تقْريبا . وتخيّلهُ الْفلكيُّون الأَوائل جنّةً خضْراء . وسمّوْهُ توْأم الْأَرْض . ولكنّ الرّحْلات الْفضائيّة الْأَخيرة غيّرتْ هذه الصُّورة تماما . وهُو مُحاطٌ بغلاف جوّىّ منْ سُحُبٍ كثيفة تجْعلُهُ أكْثر كواكب الْمجْموعة الشّمْسيّة حرارةً . ويسْبحُ فى رذاذ حمْض الْكبْريتيك المركّب منْ خليطٍ حارقٍ منَ الْكبْريتِ والْهيدْروجين والْأُكْسجين . وعلى سطْحه يكُونُ الْغِلافُ الْجوّىُّ كثيفًا وثقيلا مثْل ماء الْمُحيط على عُمْق ٣٠٠٠ قدم . وليْسَ بالزُّهرةِ بحارٌ ، لأنّ الْماء يتبخّرُ مُنْذُ أمد طويل فى هذه الْحرارةِ الْقاسيةِ . ولا يعْتقدُ الْعُلماءُ بوُجُود أىّ مظاهر للْحياة على الزُّهرة .

صُورَةٌ لِلزُّهَرَةِ مِنْ سَفِينَةِ الْفَضَاءِ الْأَمْرِيكِيَّةِ بَايُونِير التى أُطْلِقَتْ إِلَى الزُّهَرَةِ ، وَيُرَى مُحَاطًا بِالسُّحُبِ الْكَثِيفَةِ .

عَالَمٌ مُضْطَرِبٌ عنيفٌ

كَوْكَبٌ مُرْعِبٌ . تَمكّنَ الْعُلَمَاءُ مِنْ جَمعِ صُورةٍ عَنْ أَدِيمِ الزُّهَرَةِ الْقَاسى ، بِفَضْلِ الْبَيَانَاتِ الَّتِى جَمَعَتْهَا رِحْلَاتُ الْفَضَاءِ . فَسَطْحُهُ عَارٍ ، عَدِيمُ الْحَيَاةِ ، شَكَّلَتْهُ الثَّوَرَاتُ الْبُرْكَانِيَّةِ . وَسَمَاؤُهُ بُرْتُقَالِيَّةٌ قَاتِمَةٌ ، وَسُحُبُهُ الْكَثِيفَةُ تُخْفِى الشَّمْسَ . وَيَبْرُقُ الْبَرْقُ ، وَيَدْوِى الرَّعْدُ ، وَتَسْقُطُ أَمْطَارُ حِمضِ الْكِبْرِيتِيكِ ، وَلَيْسَ بِغِلَافِهِ الْجَوِّىّ النِّيتْروجِينُ وَالْأُكْسُجِينُ اللَّذَانِ يَحْفَظَانِ الْحَيَاةَ عَلَى الْأَرْضِ . وَلَكِنَّ مُعْظَمَ الْغِلافِ الْجَوِّىِّ مِنْ غَازِ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُون (مِثْل الغاز الَّذى تَطْرُدُهُ الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةُ عَلَى الْأَرْضِ عِنْدَ تَنَفُّسِهَا) . وَدَرَجَةُ حَرَارَةِ الْغِلَافِ الْجَوِّىّ ٩٠٠°ف ، وَهِىَ كَافِيَةٌ لِأَنْ تَصْهَرَ الرَّصَاصَ أَوْ تُشْعِلَ الْوَرَقَ حَتَّى فِى اللَّيْلِ . وَيَبْلُغُ طُولُ لَيْلَةٍ وَاحِدَةٍ عَلَى الزُّهَرَةِ حَوَالَى ٤ شُهُورٍ ، لِأَنَّ الْكَوْكَبَ يَدُورُ بِبُطْءٍ شَدِيدٍ وَسْطَ غِلَافِهِ السَّحَابِىّ الْعَاصِفِ .

# هَلْ يُمْكِنُ أَنْ تُوجَدَ حَيَاةٌ عَلَى الْمَرِّيخِ؟

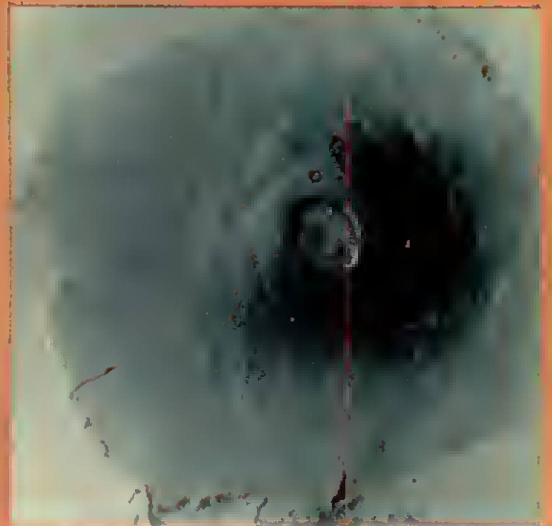
اَلْمَرِّيخُ هُوَ الكَوْكَبُ الرَّابِعُ بُعْدًا عَنِ الشَّمْسِ ، وَالجَارُ الثَّانِى لِلأَرْضِ . وَهُوَ يَلْمَعُ فِى السَّمَاءِ لَيْلًا بِضَوْءٍ مُحْمَرٍّ . وَمُنْذُ الْأَزْمِنَةِ الْغَابِرَةِ ، وَالْفَلَكِيُّونَ يُسَمُّونَهُ الْكَوْكَبَ الْأَحْمَرَ ، وَيَتَسَاءَلُونَ هَلْ بِهِ حَيَاةٌ ؟ ورغْمَ أَنَّهُ نِصفُ حَجْمِ الْأَرْضِ فَقَطْ ، إِلَّا أَنَّ يَوْمَهُ يَزِيدُ ٣٧,٥ دَقِيقَة فَقَطْ عَنْ زَمَنِ يَوْمِ الْأَرْضِ ، وَذَلِكَ لِأَنَّهُ يَدُورُ حَوْلَ مِحْوَرِهِ بِبُطْءٍ عن الْأَرْضِ . وَلِأَنَّ مِحْوَرَهَ مَائِلٌ مِثْلُ الْأَرْضِ ، فَإِنَّ بِهِ فُصُولَ شِتَاءٍ وَصَيْفٍ . وَلَكِنَّ غِلَافَهُ الْجَوِّىَّ رَقِيقٌ ، وَيَتَكَوَّنُ مُعْظَمُهُ مِنْ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ . وَسَطْحُهُ دَائِمًا تَحْتَ دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ . وَبَعْثَتَا الْفَايكنج المُرْسَلَتَانِ عام ١٩٧٦ قَدْ بَيَّنَتَا أَنَّ سَبَبَ لَوْنِهِ الْأَحْمَرِ يَرْجِعُ إِلَى أُكسِيدِ الحدِيدِ (الصَّدَأ) عَلَى سَطْحِهِ ، وَلَمْ تَعْثُرَا عَلَى أَىِّ مَظَاهِرَ لِلْحَيَاةِ .



طَوَاقِ قُطْبِيَّةٌ . وَعِنْدَ قُطْبَى الْمَرِّيخِ تُوجَدُ طَاقِيَّتَانِ تَظْهَرانِ بِلَوْنٍ أَبْيَض ، وَتَتَغَيَّرُ مِساحَتَاهُمَا حَسْبَ الْفُصُولِ وَيَعْتَقِدُ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّهُمَا مَاءٌ مُتَجَمِّدٌ ، وَلَكِنَّهُمَا ثَانِى أُكسِيدِ كَرْبُون مُتَجَمِّدٌ .

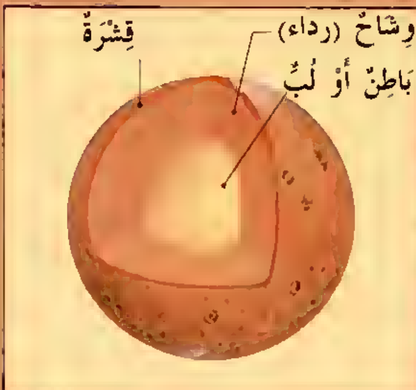
جَبَلُ أُولِيمْبُوس

أَكْبَرُ الْبَرَاكِين فِي الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّة هُوَ جَبَلُ أُولِيمْبُوس فِى المَرِّيخِ (أَعْلَى وَيمين)، فَقُطْرُهُ ٣٠٠ مِيل ، وَارْتِفَاعُهُ ١٥ مِيلًا . وتَمَّ اكْتِشَافُهُ بِوَاسِطَةِ مَارِينَر ٩ عام ١٩٧١. وَهُوَ وَاحِدٌ مِنْ أَرْبَعَة بَرَاكِينَ مَرِّيخِيَّةٍ ضَخْمَةٍ ، كُلٌّ مِنْهَا ضِعْفُ قُطْرِ وَضِعْفُ ارْتِفَاعِ الْجَزِيرَةِ الْبُرْكَانِيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ هَاوَاى . وتُرَى كُلُّهَا هَامِدَةً الْيَوْمَ . وَقَدْ تَكَوَّنَتْ جَوَانِبُهَا النَّاعِمَةُ رَقِيقَةُ الِانْحِدَارِ عَلَى مَدَارِ مِئَاتِ الْمَلَايِين مِن السِّنِين بِوَاسِطَةِ الْحُمَمِ السَّاخِنَةِ سَرِيعَةِ الِانْسِيَابِ .

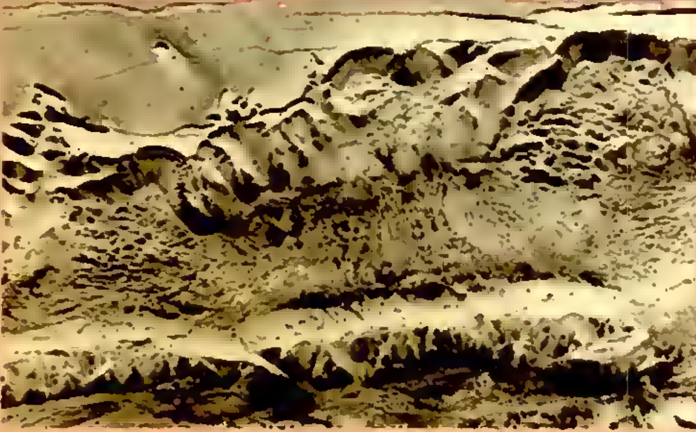


جَبَلُ إيفرست (أَبْيَضُ) وَجَبَلُ أُولِيمْبُوس (رَمَادِىٌّ)

دَاخِلُ المَرِّيخِ . تَرْكِيبُ المَرِّيخِ مُشَابِهٌ لِلأَرْضِ . وتَنْقُلُ الثَّوْرَاتُ الْبُرْكَانِيَّةُ الصُّخُورَ الْمُنْصَهِرَةَ مِن الْوِشَاحِ إِلَى الْقِشْرَةِ .







صُوَرٌ عَنْ قُرْبٍ لِلْمَرِّيخ . تَمَّ تَصْوِيرُ الصُّخُورِ والتُّرْبَةِ الْحَمْرَاءِ (أعلى) تَحْتَ سَمَاءِ المَرِّيخِ الْبُرْتُقَالِيَّةِ عَامَ ١٩٧٦ بِوَاسِطَةِ مَرْكَبَةِ هُبُوطِ فَايْكِنْج ١. وَيَظْهَرُ أَحَدُ أَذْرُعِهَا المِفْصَلِيَّةِ فِي الصُّورَةِ . كَمَا تَمَّ تَصْوِيرُ أُخْدُودٍ ضَخْمٍ سُمِّيَ وَادِي مَارِينَر بِوَاسِطَةِ مَارِينر ٩ عَام ١٩٧١ ، وَيَبْلُغُ طُولُهُ حَوالى ٣١٠٠ مِيلٍ ، وَاتِّسَاعُهُ ١٥٠ مِيلاً .



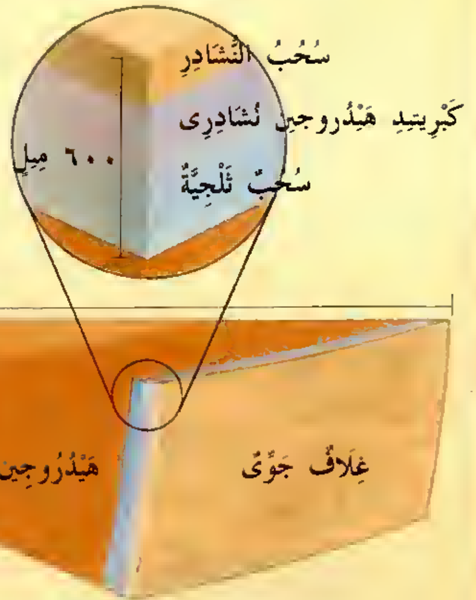
قِيعَانُ أَنْهَارٍ جَافَّةٍ . يَظْهَرُ عَلَى سَطْحِ المَرِّيخِ قَنَوَاتٌ مُتَفَرِّعَةٌ تُشْبِهُ أَنْظِمَةَ الأَنْهَارِ وَجَدَاوِلَهَا عَلَى الأَرْضِ . وَيَعْتَقِدُ العُلَمَاءُ أَنَّ المَاءَ كَانَ يَنْسَابُ بِهَا عِنْدَمَا كَانَ المَرِّيخُ أَكْثَرَ دِفْئًا .

ما هي




**دَوَرَانُ الْبُقْعَةِ الْحَمرَاءِ الْكُبْرَى**

تَدُورُ الْبُقْعَةُ الحَمْرَاءُ الْكُبْرَى فِى اتِّجَاهٍ مُضَادٍّ لِحَرَكَةِ عَقْرَبِى السَّاعَةِ (أسفل) مَرَّةً كُلَّ ٦ أَيَّامٍ أَرْضِيَّةٍ . وتُوجَدُ بَيْنَ مِنْطَقَتَيْنِ لِلسُّحُبِ تَدُورَانِ فِى اتِّجَاهَيْنِ مُتَضَادَّيْنِ ( يسار ) .




**دَاخِلَ الْمُشْتَرِى** . بَيْنَ الْغِلَافِ الْجَوِّىِّ لِلْمُشْتَرِى (أعلى) وَلُبِّهِ الصَّخْرِىِّ تُوجَدُ طَبَقَتَانِ تَتَكَوَّنانِ مِنْ هيدرُوجين سَائِلٍ سَاخِنٍ وَكَثِيفٍ .

# لبقعةُ الْحمراءُ الكبرى علَى الْمشْترِى؟

الْمُشْترِى ، هُوَ خامِسُ الْكَوَاكِبِ ، وَأَوَّلُ الْكَوَاكِبِ الْغَازِيَّةِ . وَهُوَ عِمْلَاقُ الْمجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، لِأَنَّهُ أَكْثَرُ مِنْ ضِعْفِ كُتْلَةِ بَاقِى الكوَاكِبِ الثَّمَانِى الْأُخْرى مُجْتَمِعَةً . وَيَتَكَوَّنُ ٩٩٪ مِنْهُ مِنْ غَازَى الْهِيلْيوم وَالْهَيدْرُوجين الْخَفِيفَيْن ، والـ ١٪ الْبَاقِيَةُ مُعْظَمُهَا لُبٌّ صَخْرِىٌّ فِى حَجْمِ الْأَرْضِ . وَلِهَذَا الْكَوْكَبِ الضَّخْمِ أَقْصَرُ يَوْمٍ فِى الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، فَهُوَ يَدُورُ حَوْلَ مِحْوَرِهِ مَرَّةً كُلَّ ١٠ سَاعَاتٍ . وَبِغِلَافِهِ الجوِّىِّ المكوَّنِ مِن النُّشادِرِ الْمُتَجَمِّدِ أَحَدُ أَسْرَارِ الْمُشْتَرِى ، وَهِىَ الْبُقْعَةُ الْحَمْرَاءُ الْكُبْرى ( يمين ). وَقَد احْتَارَ الْفَلَكِيُّونَ فِى أَمْرِ هَذِهِ الْبُقْعَةِ عِنْدَما شُوهِدَتْ لِأَوَّلِ مَرَّةٍ مُنْذُ ٣٠٠ سَنَةٍ ، ولَكِنَّ الْفَلَكِيِّينَ الْآنَ يَعْرِفُونَ أَنَّهَا تَرْجِعُ إِلَى تَيَّارَاتٍ وَرِيَاحٍ شَدِيدَةٍ ومُسْتَقِرَّةٍ لِمِئَاتِ السِّنِين ، ولَكِنْ لَا يَعْرِفُ أَحَدٌ كَيْفَ بَدَأَتْ .



غَازَاتٌ دَوَّارَةٌ . صُورَةٌ بِوَاسِطَةِ فويجر لِلْبُقْعَةِ الْحَمْرَاءِ الْكُبْرى ، تُبيِّنُ دُوَّامَةً غَازِيَّةً تَبْلُغُ مِنْ ضِعْفٍ إِلَى ثَلَاثَةِ أَمْثَالِ حَجْمِ الْأَرْضِ .




رِيَاحٌ مُعَقَّدَةٌ تُكَوِّنُ
بُقْعَةَ الْمُشْتَرِى الْحَمْرَاءَ

اتِّجَاهُ الدَّوَرَانِ

مِنْطَقَةُ ضَغْطٍ مُنْخَفِضٍ

تيارَاتٌ غَازِيَّةٌ هَابِطَةٌ

جَنُوب ←

**عَاصِفَةٌ فِى سَمَاءٍ دُوَّامِيَّة**

الْغِلَافُ الْجوِّىُّ بِالْمُشْتَرِى فِى حَرَكَةٍ مُسْتَقِرَّةٍ . فَفِى الطَّبَقَاتِ الْعُلْيَا ، الْغَازَاتُ مُتَعَدِّدَةُ الْأَلْوَانِ تُظْهِرُ أَنْظِمَةَ الرِّيَاحِ فِى شَرَائِطَ وَحَلَزُونِيَّاتٍ مُظَلَّلَةٍ (أعلى) . وَفِى الطَّبَقَاتِ السُّفْلَى ، تَدُورُ أَحْزِمَةٌ مِن الْغَازَاتِ الصَّاعِدَةِ وَالْهَابِطَةِ فِى اتِّجَاهَاتٍ مُتَضَادَّةٍ حَوْلَ الْكَوَاكِبِ ، وَتَمُرُّ بِبَعْضِهَا الْبَعْضِ دُونَ أَن تَتَصَادَمَ . وَالْبُقْعَةُ الْحَمَرَاءُ الْكُبْرى (وسط ، يسار) هِىَ عَاصِفَةٌ عَاتِيَةٌ ثَارَتْ بَيْنَ تَيَّارَيْنِ صَاعِدَيْنِ . ويَرْجِعُ لَوْنُهَا إِلَى مَادَّةٍ كِيمْيَائِيَّةٍ صَعَدَتْ مِن الْغِلَافِ الْجَوِّىِّ السُّفْلِىِّ وأَصْبَحَتْ حَمْرَاءَ فِى ضَوْءِ الشَّمْسِ .

# هَلْ كَانَ مِنَ الْممكِنِ أَنْ يُصْبِحَ المشْتَرِى نَجْماً؟

يَبْلُغُ حَجْمُ الشَّمْسِ ١٠٠٠ مَرَّةٍ مِثْلَ حَجْمِ الْمُشْتَرِى الَّذِى يُعْتَبَرُ أَكْبَرَ كَوَاكِبِ الْمَجْموعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَيَتَكَوَّنُ الْمُشْتَرِى والشَّمْسُ مِن نَفْسِ الْمَوادِّ — مُعْظَمُهَا هَيْدُوجِين — وقَد اخْتَلَفَتْ مَسارَاتُ تَطَوُّرِهِمَا بِسَبَبِ اخْتِلَافِ حَجْمَيْهِمَا فَقَطْ . وَيُقَدِّرُ الْعُلَمَاءُ أَنَّ مِائَةَ مِثْلٍ مِن الْمَادَّةِ كَانَتْ تَجْعَلُ لُبَّ الْمُشْتَرِى سَاخِنًا بِدَرَجَةٍ كَافِيَةٍ لِبَدْءِ تَفَاعُلٍ نَوَوِىٍّ حَرارِىٍّ ، وَهُوَ الِانْفِجَارُ الَّذِى يُطْلِقُ الطَّاقَةَ الذَّرِّيَّةَ الْمُسَبِّبَةَ لِقُدْرَةِ الشَّمْسِ وَالنُّجُومِ الْأُخْرَى . وَلَوْ كَانَ الْمُشْتَرِى نَجْمًا ، لَكَانَ تَغَيَّرَ مَوْضِعُ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَلَكِنَّ الْمُشْتَرِى كَان صَغِيرًا جِدًّا وَأَصْبَحَ كَوْكَبًا . وَالْخُطُوَاتُ الْمُوَضَّحَةُ تُبَيِّنُ مَرَاحِلَ تَكَوُّنِهِ .

تَمَّ تَصْوِيرُ الْغِلَافِ الْجَوِّىِّ الْعَاصِفِ لِلْمُشْتَرِى بِتَيَّارَاتِهِ الدُّوَّامِيَّةِ وَالْبُقْعَةِ الْحَمْرَاءِ الْكُبْرَى ، عَامَ ١٩٧٩ بِوَاسِطَةِ فُويجر ١ ، ٢ .

٤ وَالْمُشْتَرِى الْعِمْلَاقُ (أسفل) — الَّذِى مَازَالَ بَارِدًا الْآنَ — يَفُوقُ جَمِيعَ أَجْسَامِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ حَجْمًا ، عَدَا الشَّمْسِ . وَتَظْهَرُ حَلْقَاتُ الْمُشْتَرِى كَشَرِيطٍ ضَيِّقٍ مُخَطَّطٍ حَوْلَ خَطِّ الِاسْتِوَاءِ .

تَوَهُّجُ الْمُشْتَرِى الصَّغِيرِ

الْمشْتَرِى الْآنَ

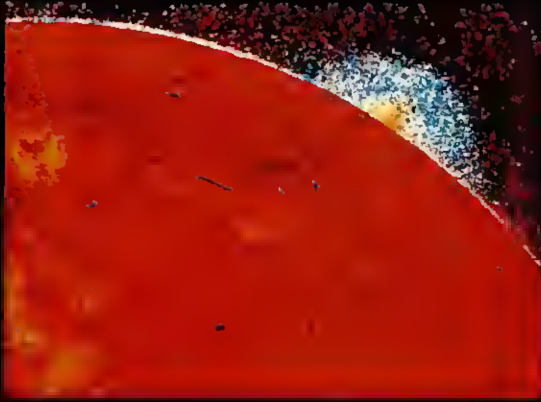
٣ وَتَوَهَّجَ الْمُشْتَرِى الصَّغِيرُ بِضَوْءٍ أَحْمَرَ قَاتِمٍ بَعْدَ أَنْ وَصَلَتْ دَرَجَةُ حرارةِ اللُّبِّ إلى حَوَالَى ٤٠٠٠٠° مُطْلَقَةٍ (كِلفن). وَعِنْدَمَا بَرَدَ الْكَوْكَبُ ، تَوَقَّفَ التَّوَهُّجُ .

١ مُنْذُ حوالَى ٤,٦ بلْيون سنةٍ ، عنْدما كانت الْمجْموعةُ الشَّمْسيَّةُ تتكوَّنُ ، فإنَّ اللُّبَّ الَّذى أصْبحَ الْمُشترى بدأَ نُمُوَّهُ مِنْ كُوَيْكِباتٍ صَخريَّةٍ وجَليديَّةٍ . و عنْدما كبُر اللُّبُّ (يمين)، جمع غازاتٍ أكْثَر حَتّى أحاطتْهُ بكمّياتٌ كبيرَةٌ مِن الْغازاتِ .

٢ وكانَ الْمُشْترى سَحابَةً غازيَّةً ضخْمَةً ــ مثْل الشَّمْسِ ــ أخذتْ تنْكمش وتَسْخُنُ . ولكِنَّ كُتْلَةَ الْمُشْتَرى كانتْ أقَلَّ كثيرًا عنْ كُتْلَةِ الشَّمْسِ ، ولِقلَّةِ الضَّغْطِ عَلَى لُبِّه ، لمْ يُولِّد الْمُشْترى الْحَرارَةَ الْكافيَةَ لِبَدْءِ الدِمَاجٍ نَوَوِىٍّ .

# كَيْفَ تَكَوَّنَت الْبَرَاكِينُ عَلَى يُو؟

يُو مِنْ أكْبر أقْمار الْمُشْتَرى السّتة عشر ، وهو أصْغرُ قليلا منْ قمر الْأرْض . وَقدْ دُهِش الْعُلماءُ لما أظْهرتْهُ صُورُ رحْلات فويجرْ منْ وُجُود ١٠ براكِين على سطْحه ، بعْضُها فى حالة ثوران . وبيْنما يحْتوى عُطارِدُ والْمرّيخُ والْقمرُ والْأرْضُ على براكين هامدة ، فإنّ يُو هو الْوحيدُ فى الْمجْمُوعة الشّمْسيّة الّذى يفُوقُ الْأرْض فى النّشاط الْبُرْكانىّ . وتتغطّى آثارُ التّصادُمات الْقديمة مع النّيازك ، بالْحُمم والرّماد ، ولايُوجدُ أىُّ جُزْء منْ سطْحه يصلُ عُمْرُهُ حتّى إلى مليُون سنة . ويُعْتقدُ أنّ سبب هذا النّشاط الْبُرْكانىّ الْعنيف يرْجعُ إلى قوى الشّدّ والْإجْهاد للقمر «يُو» فى مداره حوْل الْمُشْترى .



«يُو» يثُور. صُورةٌ أخذتْها سفينةُ الْفضاء فويجر ١ لثوران بُرْكانىّ فى يُو الدفع ١٧ ميلا فى الْفضاء

ثورانٌ بُرْكانىٌّ

بْرِيت غازِىٌّ مُنْدَفِعٌ

كَبْرِيتٌ مُنْصهِرٌ

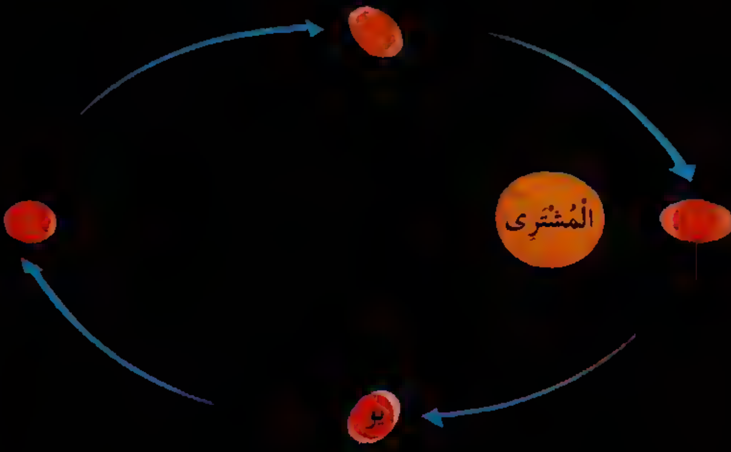
ثانِى أُكْسيد كبْرِيتْ
وكِبْرِيت مُتَجمّدان

ثانِى أُكْسيد كَبْرِيت
وَكَبْرِيتٌ

الْوِشاحُ (سليكات منصهرة)

## تأثير مدار يو

يدور يو حول المشترى بسرعة كبيرة مرة كل ٤٣ ساعة مواجها الكوكب بنفس الجانب. وأثناء دورانه يقع تحت تأثير حركة المد والجزر المؤثرة على سطحه بواسطة جاذبية المشترى الهائلة. فينتفخ سطح يو تجاه المشترى عند أقرب اقتراب، ثم يهبط عندما يبتعد. وارتفاع صخور ومعادن يو الداخلية يولد حرارة شديدة كافية لإثارة براكينه.




## سطح يو البركانى

نافورة بركانية من كبريت منصهر (يمين) اندفعت إلى السطح من بركة جوفية ساخنة (أسفل يمين)، وقد انتشر رذاذها فى دائرة متسعة. وقد أظهرت صورة فويجر رقعة ذات بقع برتقالية وبيضاء من الكبريت المندفع، بين بقع سوداء من الصهارة. ولا تبنى براكين يو الشكل المخروطى المشاهد فى براكين الأرض. ولكنها بدلا من ذلك تغوص فى أعماق السطح، وتقذف السوائل الساخنة والغازات خلال الشقوق والفوالق (أسفل) بسرعة رصاصة منطلقة. وقد يصل الثوران إلى ارتفاع ١٩٠ ميلا.

# كَيْفَ تَكَوَّنَتْ حَلْقَاتُ زُحَلَ ؟

زُحَلُ هو الْكَوْكَبُ السَّيَّارُ السَّادسُ . ويُحاطُ بمجْموعة حلْقات يصلُ قُطْرُها إلى ٢٥٠٠٠٠ ميل ، كما يصلُ سُمْكُها فى بعْض الْمواضع إلى تسْعة أمْثال حجْم الْأرْض . ولمْ يجْزم الْعلماءُ بسبب حُدوث هذه الْحلْقات ولكنَّهمْ يعْتقدون أنَّها تكوَّنتْ مُنْذُ نشأة الكوْكب منْ ٤ بلايين سنة . فعنْدما بدأ زُحلُ يأْخذُ شكْلهُ منْ سحابة دوَّارة من الْغازات والْغُبار ، لمْ تنْجذبْ بعْضُ دقائق الْغُبار إلى الْكُتْلة المتكوِّنة ، رُبما لأنَّها كانتْ خفيفةً جدًا . واسْتمرَّتْ تدورُ حوْل الْكوْكب ، مثْل حبَّات الْكواكب ، حتى يوْمنا هذا .

صُورةٌ أُخذتْ بواسطة فويجر ٢ ، لحلْقات زُحل ، وهى تدُورُ مُسْتقلّةً حوْل الْكوْكب .

١ أحيطتْ مُعْظمُ دقائق التُّراب الدوَّارة الَّتى كوَّنتْ زُحل (أعلى) بالْجليد ، لأنَّها بعيدةٌ جدًا عن الشَّمْس فلا تسْتفيدُ منْ حرارتها . وتجمَّعتْ تدْريجيًا مع بعْضها الْبعْض أثْناء دوَرانها لتكوِّن كُتْلة أكْبر ، مثْلما تفْعلُ رقائقُ الْجليد ، حتى تتحوَّل إلى كُرات ثلْجيَّة بتأْثير الضغْط .

٢ أثْناء نشْأة زُحل (يسار) نشأتْ أيضًا حلْقاتُهُ . وظلَّتْ بعْض دقائق الْغُبار المغلَّفة بالْجليد بالْقُرْب من الْكوْكب تحت تأْثير جاذبيَّته . واسْتمرَّتْ تدورُ حوْلهُ . ورتَّبتْ نفْسها فى حلْقاتٍ مرْكزيَّة .

## كَوَاكِبُ ذَاتُ حَلْقَاتٍ



كان يُعْتقدُ أنَّ زُحل هُو الكَوْكَبُ الْوَحِيدُ ذُو الْحلْقات . والآن عُرفتْ ثلاثةٌ أُخْرى لَها حَلْقات : الْمُشْتَرى وَيُورَانُوس وَنِبْتون . الْمُشْتَرى ( أقصى يمين ) وحلْقاتُهُ رَقيقةٌ جدًّا ، وَيُورَانُوس ( يمين أعلى ) وَلَهُ ١١ حَلْقةً ضيِّقةً ، وَنِبْتون ( يمين أسفل ) لَهُ أرْبَعُ حَلْقاتٍ .

٣ وبمضى الوقت ، تجمعت الحلقات حول خط استواء زحل . ولم يحصر عددها ، ولكن لوحظ من الاختلاف الطفيف فى اللون بين حلقة وأخرى ، أن عددها قد يصل إلى عدة آلاف .

٤ بلورات الثلج والصخور التى تتكون منها حلقات زحل (أسفل) تتراوح أحجامها من رقائق الجليد إلى كتل فى حجم المنازل . ويعتقد العلماء أنه داخل هذه الحلقات يتم اتحاد وانفصال البلورات باستمرار . ولكن الحلقات نفسها لا يبدو أنها تغير أماكنها .

# هَلْ تُوجدُ حياةٌ عَلَى أَحدِ أَقْمارِ زُحَل الْمسمَّى تِيتَان؟

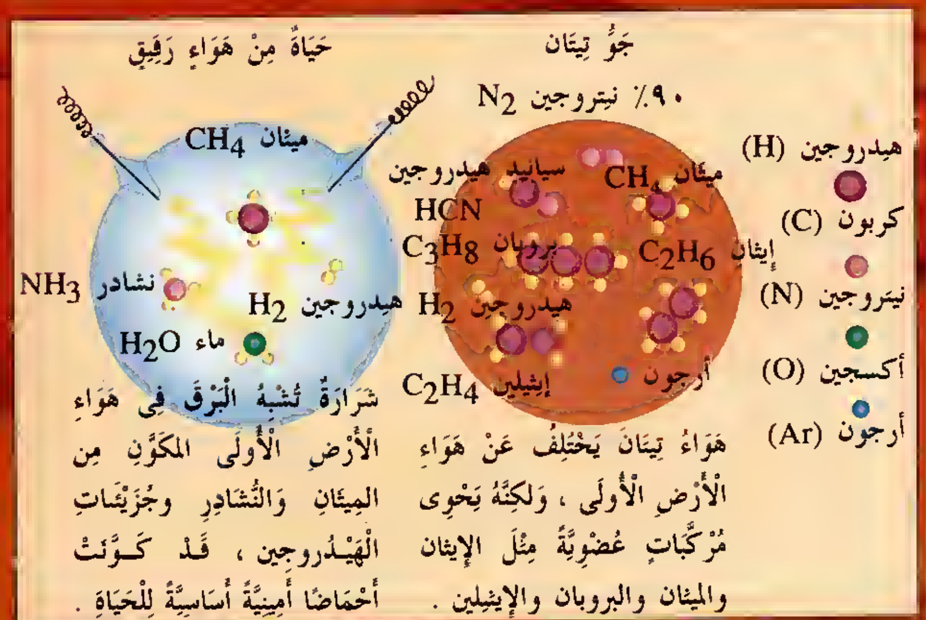
تِيتَانُ هُوَ أَكْبَرُ أَقْمارِ زُحَل الثَّمانيَةَ عشَرَ ، وَهُوَ الْقمَرُ الْوَحِيدُ فِى الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ الَّذى لَهُ غلافٌ جوِّىٌّ . وَالْعُلَماءُ الَّذِينَ خطَّطُوا لِرِحْلَاتِ فويجر عام ١٩٧٨ ، اِسْتَهْدَفُوا دِراسةَ إِمْكَانِيَّةِ هَذَا الْغِلافِ الْجَوِّىِّ لِدَعْمِ الْحَيَاةِ عَلَى هذَا الْقَمرِ . وَاعْتَقَدَ بَعْضُهُمْ أَنَّ هَوَاءَهُ يُشْبِهُ الْغِلَافَ الْجَوِّىَّ الَّذِى كَانَ مَوْجُودًا عَلَى الْأَرْضِ مُنْذُ بَدْءِ الْحَيَاةِ مِنْ ٤ بَلَايِينَ سَنَةٍ . وَوَجد الْمِسْبَارُ الْفضَائِىُّ أَنَّهُ خَلِيطٌ مِنْ غَازَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ لَيْس بَيْنَهَا بُخارُ ماءٍ ، وَأَنَّ سَطْحَ تِيتَان الَّذِى تَصِلُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ إِلَى -٢٨٩°ف يَحتَفِظُ بِالْمَاءِ مُتجَمِّدًا . وَلَكِنَّ غِلَافَهُ الْجَوِّىَّ غَنِىٌّ بِبَعْضِ الْكِيمَاوِيَّاتِ الَّتِى تُسَاعِدُ الْحَيَاةَ عَلَى الْأَرْضِ . وَقَدْ يَتِمُّ اكْتِشَافُ حَيَاةٍ فِى قَاعِ بِحَارِهِ ، حَيْثُ تَكُونُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ أَعْلَى .



قَمَرٌ غَائِمٌ . يَخْتَفِى سَطْحُ تِيتَان تَحْتَ ضَبَابٍ بُرْتُقَالِىٍّ يَبْلُغُ سُمْكُهُ بِضْعَ مِئَاتِ الْأَمْيَالِ . وَقَدْ أُخِذَتْ هَذِهِ الصُّورَةُ بِوَاسِطَةِ فويجر ١ . وتَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِنْ مَسْحِ سَطْحِهِ بِالرَّادَارِ .

عَالَمٌ بُرْتُقَالِىٌّ بَارِدٌ . قَدْ يَحْتَوِى تِيتَانُ تَحْتَ غِلَافِهِ النِّيتْرُوجِين السَّمِيكِ ، عَلَى قَارَّاتٍ مِن الصُّخُورِ وَالْجَلِيدِ وَثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُون الْمُتَجَمِّدِ ، وَسْطَ بِحَارٍ مِن الْإِيثَانِ السَّائِلِ اللَّزِجِ ذِى اللَّوْنِ الْبُنِّىِّ الْمُحْمَرِّ الَّتِى تَكَوَّنَتْ مِنْ أَمْطَارِ سُحُبِ الْمِيثَانِ . وَقَدْ تَظْهَرُ خِلَالَ غُيُومِهِ الْبُرْتُقَالِيَّةِ أَحْيَانًا ، الْحَلَقَاتُ الْعِمْلَاقَةُ لِزُحَل (أعلى يسار)

**هَل يُمْكِنُ أنْ تَنْشأَ حَياةٌ عَلَى تِيتَان ؟**
أَثْبَتَتْ إحْدَى التَّجَارِبِ الشَّهِيرَةِ (يمين) عام ١٩٥٣ أنَّ شَرَارَاتِ الْبَرْقِ فِي الْهَوَاءِ كَمَا كَانَ مَوْجُودًا عَلَى الْأَرْضِ مُنْذُ ٤ بَلايِين سَنَةٍ ، تَرْبِطُ جُزَيْئَاتٍ مُعَيَّنَةً لِتَكُوِّنَ أَحْمَاضًا أمِينِيَّةً ، وَهِىَ الْكُتَلُ الْبِنَائِيَّةُ لِلخَلايَا الْحَيَّةِ . وَجَوُّ تِيتَان (أقصى يمين) لا يُشْبِهُ كَثِيرًا جَوَّ الْأَرْضِ الْأُولَى ، كَمَا أنَّهُ أَكْثَرُ بُرُودَةً ، وَقَدْ كَشَفَتْ رِحْلَةُ فُويجر عَنْ عَدَمِ وُجُودِ حَيَاةٍ عَلَيْهِ . وَلَكِنَّ تِيتَان يَحْوِى الْمَوَادَّ اللازِمَةَ لِتَكْوِينِ الْخَلايَا الْحَيَّةِ ، وَيَأْمَلُ الْعُلَمَاءُ أنْ تُؤَدِّىَ التَّجَارِبُ عَلَى تِيتَانِ إلَى التَّعَرُّفِ عَلَى كَيْفِيَّةِ نَشْأَةِ الْحَيَاةِ عَلَى الْأَرْضِ .




هَوَاءُ تِيتَانَ يَخْتَلِفُ عَنْ هَوَاءِ الْأَرْضِ الْأُولَى ، وَلكِنَّهُ يَحْوِى مُرَكَّبَاتٍ عُضْوِيَّةً مِثْلَ الإيثان والميثان والبروبان والإيثيلين .

شَرَارَةٌ تُشْبِهُ الْبَرْقَ فِى هَوَاءِ الْأَرْضِ الْأُولَى المكَوَّنِ مِن المِيثَانِ وَالنُّشَادِرِ وَجُزَيْئَاتِ الْهَيْدُروجِين ، قَدْ كَوَّنَتْ أَحْمَاضًا أمِينِيَّةً أَسَاسِيَّةً لِلْحَيَاةِ .

# لِماذَا يمِيلُ يورانوسُ علَى جانِبهِ؟

فِى مَجْموعَتِنا الشَّمْسِيَّةِ ، يُشِيرُ مِحْوَرُ دَوَارنِ (خط أحمر — أسفل) مُعْظَمِ الْكَوَاكِبِ السَّيَّارَةِ — مِثْلِ الْأَرْضِ — إِلَى الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ السَّمَاوِيِّ تَقْرِيبًا . وَيَخْتَلِفُ فِى ذَلِكَ الْكَوْكَبُ السَّيَّارُ السَّابِعُ ، يُورَانُوس . فَهُوَ يَشُقُّ طَرِيقَهُ فِى الْفَضَاءِ دَائِرًا عَلَى جَانِبِهِ ، مِثْلَ نَحْلَةٍ دَوَّارَةٍ سَاقِطَةٍ . وَأَحَدُ التَّفْسِيرَاتِ الْمُحْتَمَلَةِ لِهَذَا الْمَيْلِ الشَّاذِّ ، هُوَ أَنَّ يُورَانُوس يَكُونُ قَدْ تَعَرَّضَ لِصَدْمَةٍ قَوِيَّةٍ أَمَالَتْهُ عَلَى جَانِبِهِ مُنْذُ أَمَدٍ بَعِيدٍ ، عِنْدَمَا ارْتَطَمَ بِهِ جِسْمٌ آخَرُ . ثُمَّ تَكَوَّنَتْ أَقْمَارُ يُورَانُوس مِنْ بَقَايَا هَذَا التَّصَادُمِ الِانْفِجَارِيِّ . وَتُوَضِّحُ هَذِهِ الْخُطُوَاتِ عَلَى هَاتَيْنِ الصَّفْحَتَيْنِ ، حَيْثُ لَمْ تَتَمَكَّنْ بَعْثَةُ فويجر مِنْ إِيجَادِ أَدِلَّةٍ عَلَى صِحَّةِ هَذِهِ النَّظَرِيَّةِ ، أَوْ عَلَى دَحْضِهَا .

صُورَةٌ بِالْحَاسِبِ لِيُورَانُوس . صُورَةٌ صَنَعَهَا فويجر ٢ بِالْأَلْوَانِ لِيَكُونَ شَكْلُ الْغِلَافِ الْجَوِّيِّ لِيُورَانُوس وَيَظْهَرُ خلال الْغُيُوم . قُطْبٌ وَاحِدٌ لِلْكَوْكَبِ مُوَاجِه لِلشَّمْس

مِحْوَرُ الدَّوَرَان

١ تَصَادُمٌ عنيفٌ . اصْطدم جسْمٌ فِى حجْم الْأَرْض بِيورانُوس مُنْذُ وقْتٍ طويل . وكانت الصَّدْمةُ بِالْقُرْب مِنْ أحد قُطْبَى يُورانُوس ، فأطاحتْ به على جانبه .

٤ يُورانُوس الآن . إكتشفت فويچر ٢ حَلْقَتَيْن ضَيِّقَتَيْن بالإضافة للتسع حَلْقَاتٍ الَّتى تُرى من الأَرْض . كَما حدَّدتْ مَوَاقِع ١٠ أَقْمَارٍ صُغْرى بالإضافة لِلْخمْسة أَقْمَارٍ الْكُبْرى الْمعرُوفة من قَبْل .

٣ السُّحُبُ تُصبِحُ حَلَقَاتٍ . وَاستقرّت السُّحُبُ المكوّنة من بُخارِ الماءِ والحصَى والغازِ وَالْمُغلّفةُ لِيُورانُوس تَدْرِيجِيًّا فى مَدَارَاتٍ حَوْلَ خطِّ اسْتِوَاءِ يُورانُوس . وَبِمُضِىِّ الْوَقْتِ أَصْبح الْحتَاتُ الدَّوَّارُ حَلْقَاتِ يُورانُوس وَأَقْمَارَهُ .

قَمَرٌ وحلقاتٌ . صُورَةٌ أُخذتْ لأوّل مرّة بواسطة فويچر ٢ . لحلْقات يُورانُوس . وقَمَرٌ لم يُعْرفْ من قبْل (أعلى) .



## مَحَاوِرُ مُنْتَظِمَةٌ

تَدُورُ الْكَوَاكِبُ السَّيَّارةُ حَوْلَ الشَّمْسِ فى نفْس الْمُسْتوى تقْرِيبًا . عدا بُلُوتُو (غير ظاهر فى الرسم)، ومحاوِرُها للدّوران حَوْل نفسها (خطوط حمراء) تنْحرفُ عن الشمال بأقلّ منْ ٣٠° . ولكنّ يُورانُوس (أخضر) على جانبه . ومحْورُهُ يَنْحرِفُ أكثر من ٩٠° عن الشمال .




٢ سُحُبٌ من الدُّخانِ الكثيف . وَأَدَّى هذا التّصادُمُ الهائل إلى مَيْل يُورَانُوس عَلَى جانِبِه . وإلى تدْمير الْجِسْمِ الْمُقْتحِم . فأحاطتْ بالْكوْكب سُحُبٌ منْ بُخار الْماء . والحتّات الصّخرى .

# مَا نَوْعُ عَالَمِ نِبتُون ؟

فويجر ٢

مَرَقَتْ فويجر ٢ (يسار) بجوَارِ نبْتون فى ٢٤ أغسطس عام ١٩٨٩ . والْتقطَتْ كَاميرَاتُها آلاف الصُوَر للكوْكب السَّيّار الثّامن وقمره الأكْبر تريتُون (أسفل) الّذى يَبْلغُ ٣/٤ حجْم قمر الأرْض . وقدْ أرْسل هذه الصُوَرَ إلَى الأرْض مِنْ بُعْد ٢,٧ بلْيُون ميْل ، قبْل انْتهاء مُهمَّته والاخْتفاء فى الْفضاءِ الْخارجىّ . وقدْ أظْهرتْ بياناتُ فويجر أنّ نبْتون هُو أكْثر كَواكِبِ المجْمُوعَةِ الشّمْسيّةِ رِيَاحًا بعَواصِفِهِ العِمْلاقة . واكْتشف الْمسْبارُ الْفضائىّ سُحُبًا بيْضاءَ مِن الْميثانِ ، وأرْبع حلْقاتٍ رفيعةٍ ، وستّة أقْمارٍ صغيرةٍ بالْإضافة لِقمَرَيْه تريتُون ونريدى اللّذيْن كانا معْرُوفيْن . ولكِنَ الْمُفَاجأةَ الحقيقيّةَ كَانتْ تريتُون الّذى بيّنتْهُ الصُّوَرُ بدُون فُوّهاتٍ بُركانيّةٍ أوْحُفرٍ ولكِنّ أدِيمَهُ سطْحٌ مُجعّدٌ . وسمّى الْفلكيّونَ أحد الْمناطق أرْض الْكنْتالُوبِ لشِدّةِ شبهها بقشْرة هذه الْفاكهةِ . وربّما كان الْأكْثر إثارةً أنّ لهُ براكِينَ نشطةً رغْم أنّهُ أبْردُ السُّطوح (-٣٩٠°ف) فى الْمجْمُوعة الشّمْسيّةِ .

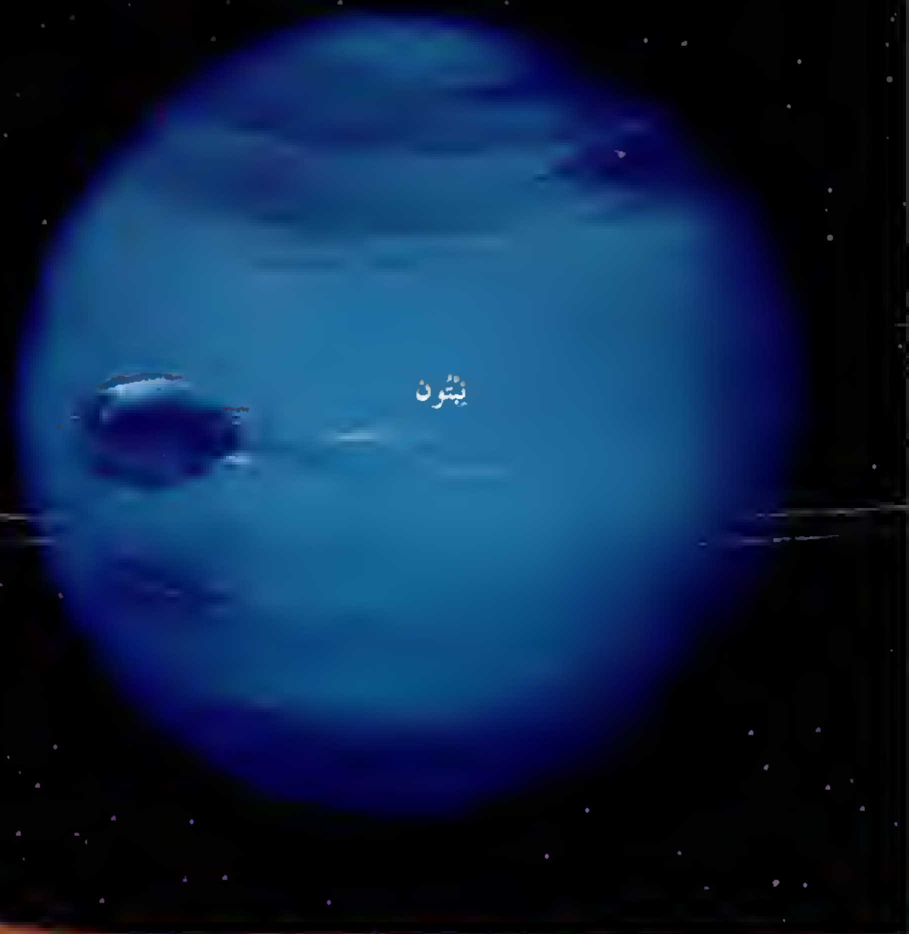
سَطْحُ تِريتُون

**أبْرَدُ سَطْحٍ**

وَجَدَتْ فويجرُ عَلَى تِريتُون بُحَيْرَاتٍ مَمْلُوءَةً بالْجَليدِ ذَاتِ ضِفَافٍ مُنحَدِرَةٍ ، يُرَجّحُ أنّهَا حُفَرٌ بُرْكانيّةٌ . وتتَجمّعُ عَلَى سَطْحِهِ رَوَابٍ صَغِيرَةٌ مِن النّيتْرُوجين وَالْميثانِ المتجمِّدَيْن . ويَتَغطّى الْقُطْبُ الْجنُوبىُّ لِلْقمَرِ بِطَاقِيَّةٍ مِن النّتْرُوجين المتجمِّدِ .

نِبْتُون كما يظْهرُ منْ تريتون

نبْتون هُو أكْثرُ الْكواكبِ السّيارة فى الْمجْموعة الشّمْسيّة عواصف . فتصلُ سُرْعةُ رِياحه إلى ١٥٠٠ ميل ساعة . ويظْهرُ منْ تريتُون بلوْن أزرق صاف على بُعْد ٢٢٠٥٠٠ ميل والْبيْضوِيَاتُ الْقاتمةُ هى عواصفُ أوْسعُ من الْأرْض . ونبتُون لهُ ٤ حلْقات رفيعة ، و ٨ أقْمار .




## بَرَاكِينُ تريتون البَارِدَة

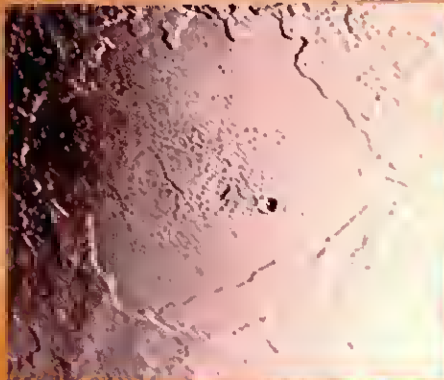
عَلَى عَكْسِ بَرَاكِينِ الْأَرْضِ الَّتِى تَنْفُثُ الصُّخُورَ الْمُنْصَهِرَةَ السَّاخِنَةَ ، فَإِنَّ بَرَاكِينَ تِرِيتُونَ الْبَارِدَة تَظْهرُ وَكَأَنَّهَا تَفِيضُ بِالنِّتْرُوجِين السَّائِلِ . وَالنِّيتْرُوجِين هُوَ أَكْثَرُ الغَازَاتِ انْتِشَارًا فِى جَوِّ الْأَرْضِ ، وَلَكِنَّهُ يُوجَدُ عَلَى هَيْئَةِ سَائِلٍ فِى دَرَجَاتِ حَرَارَةِ تِرِيتُون الشَّدِيدَةِ الِانْخِفَاضِ . وَيَعْتَقِدُ الْعُلَمَاءُ أَنَّ بُخَارَ النِّيتْرُوجِين يَتَصَاعَدُ مِنْ بَاطِنِهِ (أعلى)، ثُمَّ يَسْقُطُ ثَانِيَةً كَجَلِيدِ النِّيتْرُوجِين .



▲ الْبُقْعَةُ الْقَاتِمَةُ الْكُبْرَى . الْبُقَعُ الْبَيْضَوِيَّةُ الْقَاتِمَةُ فِى جَوِّ نِبْتون — مِثْلُ هَذِهِ — هِىَ عَوَاصِفُ ضَخْمَةٌ .



▲ حَلْقَاتٌ كَامِلَةٌ . وَجَدَتْ فُويجر ٤ حَلْقَاتٍ حَوْلَ نِبْتُون ، كُلُّهَا لَا تُرَى مِن الْأَرْضِ .



▲ حُفَرٌ سِرِّيَّةٌ عَلَى تِرِيتُون . قَدْ تَكُونُ هَذِهِ فَجْوَةً أُنْبُوبِيَّةً لِبُرْكَانٍ فَاضَ ذَاتَ مَرَّةٍ بِنِتْرُوجِين سَائِلٍ .

# مَا هِىَ الْكَوَاكِبُ الْغَازِيَّةُ ؟

كَيْفَ عَرَفَ الْفَلَكِيُّون هَذِهِ الْمَعْلُومَاتِ الْكَثِيرَةَ عَنِ الْكَوَاكِبِ الَّتِى لَمْ يَزُرْهَا أَحَدٌ ؟ إِنَّهُمْ يُرَاقِبُونَ حَرَكَةَ الْكَوَاكِبِ مِنَ الْأَرْضِ أَوْ مِنْ سَفِينَةٍ فَضَائِيَّةٍ مِثْلِ فويجر . ثُمَّ يُطَبِّقُونَ النَّظَرِيَّاتِ الْفِيزْيَائِيَّةَ وَالرِّيَاضِيَّةَ عَلَى بَيَانَاتِهِمْ . وَمِنْ حَجْمِ كَوْكَبٍ ــ الْفَرَاغِ الَّذِى يَشْغَلُهُ ــ وَكُتْلَتِهِ ــ مِقْدَارِ مَا يَحْتَوِى مِنْ مَادَّةٍ ــ يَسْتَطِيعُ الْفَلَكِيُّونَ حِسَابَ كَثَافَتِهِ (والكثافة مِقْيَاسٌ لِمَدَى تَرَاكُمِ مَادَّةِ الْجِسْمِ). وَيُعْتَبَرُ الْمَاءُ مِعْيَارًا لِلْكَثَافَةِ ، فَكَثَافَتُهُ ١ ، وَالصُّخُورُ أَكْبَرُ مِنْهُ كَثَافَةً ، وَالْهَوَاءُ أَقَلُّ كَثَافَةً . وَكَثَافَةُ الْأَرْضِ ٥,٥٢ . وَبَاقِى الْكَوَاكِبِ إِمَّا أَكْبَرُ كَثَافَةً مِنَ الْمَاءِ وَهِىَ الْكَوَاكِبُ الصَّخْرِيَّةُ كَالْأَرْضِ ، أَوْ أَقَلُّ كَثَافَةً بِكَثِيرٍ مِنَ الْمَاءِ وَهِىَ الْكَوَاكِبُ الْغَازِيَّةُ مِثْلُ الْمُشْتَرِى . وَيَتَّضِحُ فِى الْأَشْكَالِ التَّالِيَةِ ، أَنَّ الْكَوَاكِبَ الْغَازِيَّةَ حَجْمُهَا ضِعْفُ حَجْمِ الْأَرْضِ مِئَاتٍ مِنَ الْمَرَّاتِ ، وَلَكِنَّ الْمَادَّةَ الْمُكَوِّنَةَ لَهَا قَلِيلَةُ التَّمَاسُكِ .



مِنْظَارُ نُجُوم . أُقِيمَ هَذَا التِّلِسْكُوبُ الضَّخْمُ عَلَى قِمَّةِ مُونَاكِيَا فِى هَاوَاى عَلَى ارْتِفَاعٍ عَالٍ بَعِيدًا عَنْ تَأْثِيرِ السَّحَابِ (٤٢٠٤ أَمْتَارٍ). وَذَلِكَ لِدِرَاسَةِ تَرْكِيبِ الْكَوَاكِبِ وَالنُّجُومِ بِقِيَاسِ طَيْفِهَا فِى مَدَى الْأَشِعَّةِ تَحْتَ الْحَمْرَاءِ .

الْكَثَافَةُ : ١,٣

الْكُتْلَةُ = ٣١٨ أرض

الْمُشْتَرِى

الْكَثَافَةُ : ٠,٧

٩٥ أرض

هِيدْرُوجين

غِلافٌ جَوِّىٌّ

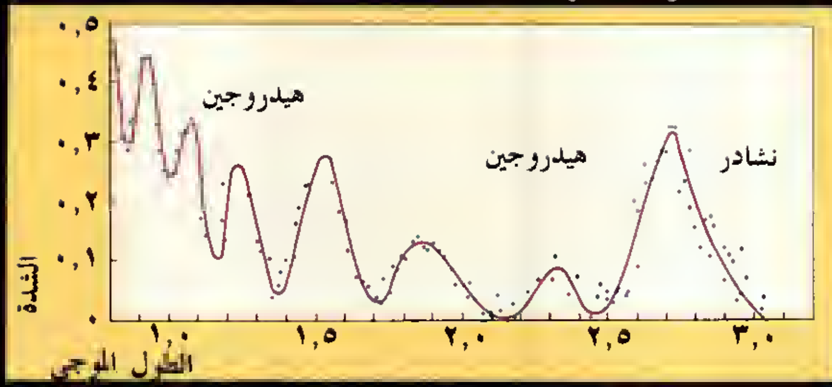
هيدروجين معدنى

لُبٌّ صَخْرِىٌّ

● دِراسةُ الطَّيفِ بالْأشعَّةِ تحْتَ الْحمْراءِ

يتعَرَّفُ الْفلكيُّون على مُكوِّنات أجْسام النُّجوم والْكواكب بتحْليل الْإشْعاعات الصّادرة منْها ويَسْتخدِمُونَ مطْيافًا يُوَزِّعُ الضَّوْء في الْأطْوال الْموجيَّةِ لِطيفه الْكامل (أعلى يسار) . والْخطُوط السَّوْداءُ تُسمّى خُطوط امْتِصاص . وتتكوَّنُ حين يمْتصُّ الْعُنْصرُ الضَّوْء بيْن الْمصْدر والمشاهِد . ولِكُلِّ عُنْصرٍ خُطوطُ امْتصاص كثيرةٌ ، تَدُلُّ على وُجود عناصر وجُزيْئات مُتنوِّعة ، منْها الْهيدْروجين والنُّشادرُ . والرَّسْمُ البيانيُّ يُوَضِّحُ نفْس الْبيانات للْهيدْروجين والنُّشادرِ حيْثُ تُمثِّل الانْخفاضات مواضع امْتِصاص الضَّوْء .

طيف تحت الحمراء للمشترى




المريخ الكثافة : ٣.٩

بلوتو كثافة : ٢.١

الزهرة الكثافة : ٥.٢

عطارد الكثافة : ٥.٤

الأرض الكثافة : ٥.٥

زحل

غلاف جوى

هيدْرُوجين

هيدروجين معدنى

ماء معدنى

لُبٌّ صَخرِىٌّ

الكثافة : ١.٨

١٧.٢ أرض

نبتون

يورانوس

لُبٌّ صخرىٌّ

هيدروجين وهيليوم

هيدروجين ونيتروجين وأكسجين

هيدروجين وهيليوم

هيدروجين ونيتروجين وأكسجين

لُبٌّ صخرىٌّ

١٤،٥ أرض

الكثافة : ١.٣

# كيْـف تكـوّنت الكُـوَيْكِـبَاتُ ؟

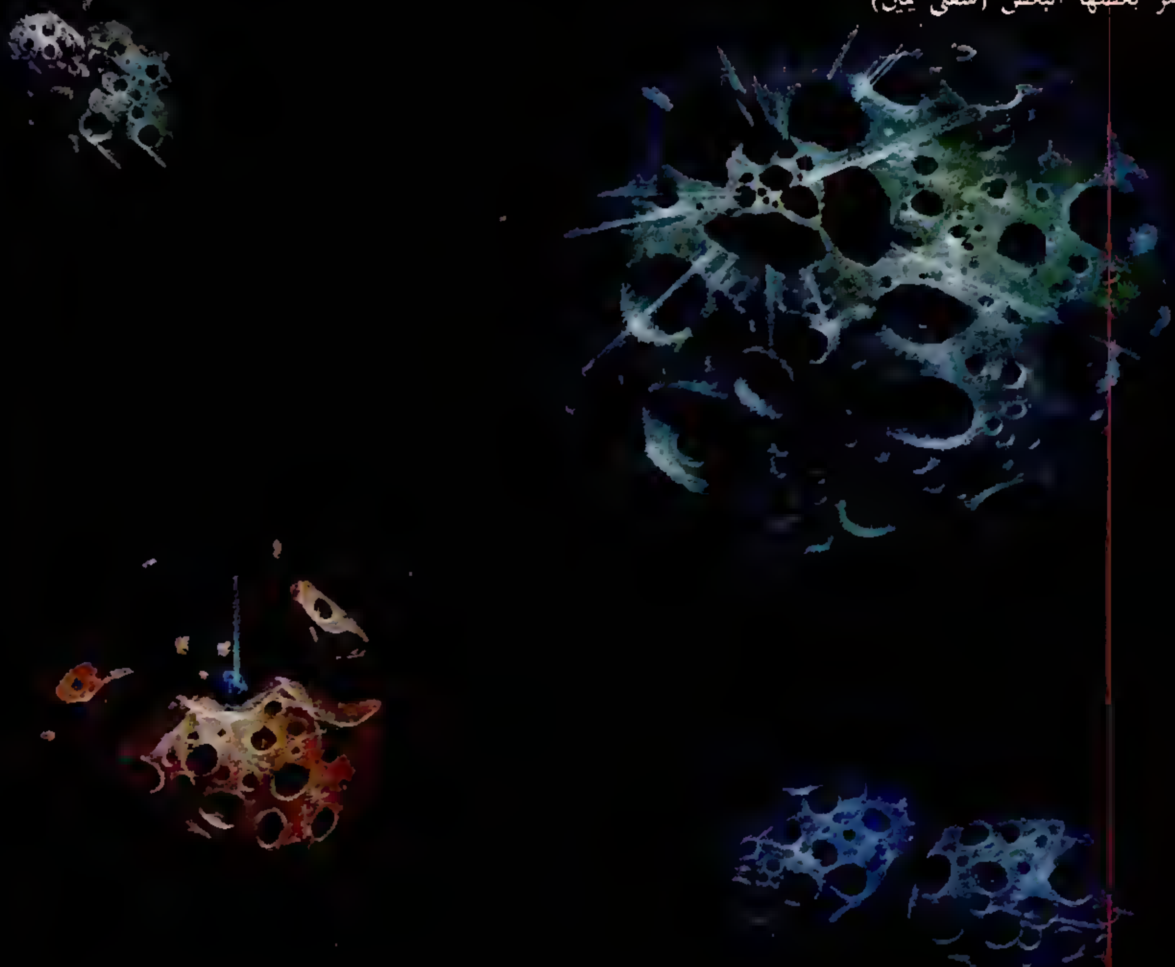
يَقَعُ حِزَامُ الْكُوَيْكِبَاتِ بَيْنَ الْمرِّيخِ وَالْمُشْتَرِى فِى مِنْطَقَةٍ يَدُورُ فِيهَا حَوْلَ الشَّمْسِ آلافُ الْقِطَعِ مِنَ الصُّخُورِ الْكَوْكَبِيَّةِ . وَحَتَّى عَام ١٩٩٠ كَانَ الْعُلَمَاءُ قَدْ سَجَّلُوا وَأَحْصَوا مَدَارَاتٍ لِأَكْثَرَ مِنْ ٣٣٠٠ كُوَيْكَبٍ . وَقَدْ يَكُونُ هُنَاكَ مِئَاتُ الْآلَافِ الْأُخْرَى الَّتِى تَشْمَلُ الْكُوَيْكِبَاتِ الصَّغِيرَةَ جِدًّا الَّتِى يَصْعُبُ مُشَاهَدَتُهَا مِنَ الْأَرْضِ . وَيَعْتَقِدُ الْفَلَكِيُّونَ الَّذِينَ اكْتَشَفُوا الْكُوَيْكِبَاتِ أَنَّهَا نَشَأَتْ مِنْ تَحطُّمِ كَوْكَبٍ فِى مَدَارٍ بَيْنَ الْمَرِّيخِ وَالْمُشْتَرِى بِسَبَبِ جَاذِبِيَّةِ الْمُشْتَرِى الْمُتَسَلِّطَةِ ، وَاسْتَمَرتْ أَجْزَاءُ الْحِطَامِ تَدُورُ فِى نَفْسِ الْمَدَارِ . وَيَعْتَقِدُ الْعُلَمَاءُ الْيَوْمَ ، أَنَّ جبَروتَ جَاذِبِيَّةِ الْمُشْتَرِى مَنَعَ الْكُوَيْكِبَاتِ مِن التَّجمُّعِ لِتُكَوِّنَ كَوْكَبًا . وَقَدْ تُزِيحُ الْكُوَيْكبَاتُ السِّتَارَ عَنْ تَارِيخِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، لِأَنَّهَا قَدْ تَكُونُ بَقَايَا الْمَوَادِّ الْخَامِ لِلْمَرَاحِلِ الْأُولَى مِنْ تَكْوِينِ كَوْكَبٍ .



فُوبُوس ، كُوَيْكِبٌ سَابِقٌ . هَذَا الْقَمَرُ الْمرِّيخِىُّ الصَّغِيرُ قَدْ يَكُونُ كُوَيْكِبًا جُذِبَ لِيَدُورَ حَوْلَ الْمَرِّيخِ . وَلَمْ يَتِمَّ الْحُصُولُ عَلَى صُورٍ وَاضِحَةٍ لِلْكُوَيْكِبَاتِ .

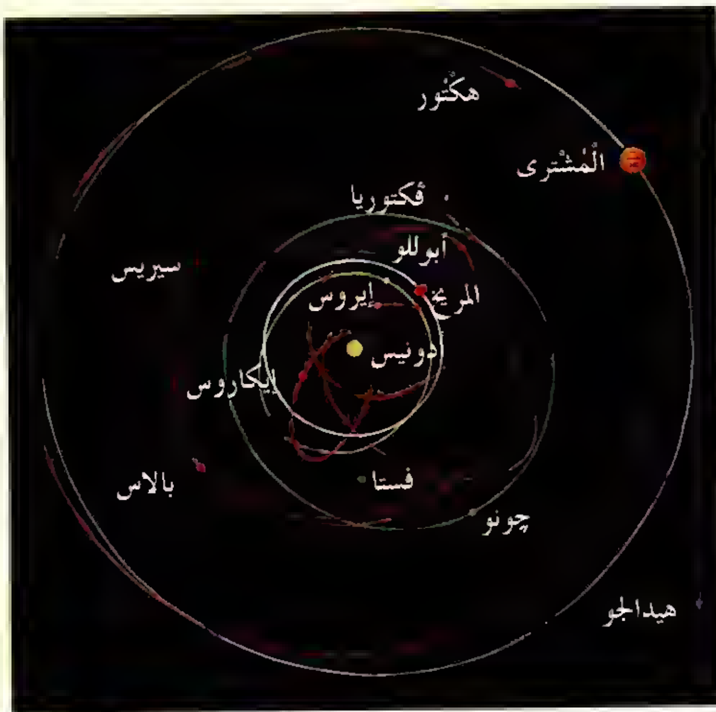
لماذا ظلَت الْكُوَيْكبات صغيرة

اكْتسبت الْكُوَيْكبات سُرعات عالية بواسطة جاذبيّة الْمشْترى . وعندما تتصادم ، فإنّها نادرا ما تتجمّع (يسار علوى) . وغالبا ، ماتُحدِثُ حُفرا فى بعْضها الْبعْض (أسفل)، أو تتكسّرْ إلى شظايا (يسار سفلى)، أوْ تدمّرْ بعْضها الْبعْض (سفلى يمين)



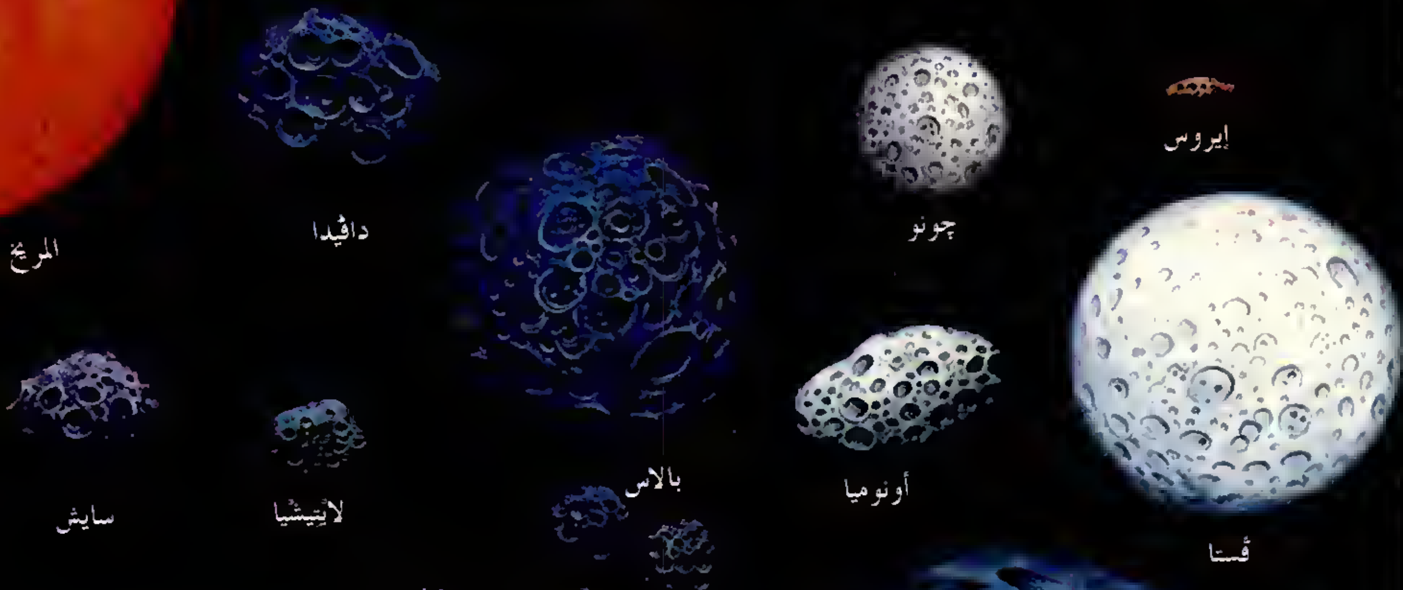
## مَدارَاتُ الْكُوَيْكِبَاتِ

تَدُورُ مُعْظَمُ الْكُوَيْكِبَاتِ حَولَ الشَّمْسِ فِى حِزَامِ الْكُوَيْكِبَاتِ ، وَهِى مِنْطَقَةٌ قُطْرُهَا حَوَالَى مِلْيُون مِيلٍ وَتَقَعُ بَيْنَ مَسَارَاتِ الْمرِّيخِ وَالْمُشْتَرِى . وَيَدُورُ بَعْضُهَا فِى مَدَارَاتٍ إِهْلِيلَجِيَّةٍ مُمْتَدَّةٍ (يسار) تَجْعَلُهَا تَقْتَرِبُ مِنَ الشَّمْسِ ، وَأَحْيَانًا مِنَ الْأَرْضِ . وَيَدُورُ أُبُولُّلو مَعَ مَجْمُوعَةٍ مِنَ الْكُوَيْكِبَاتِ الْأُخْرَى (ص ٣٤) الَّتِى تَقْتَرِبُ مِنَ الْأَرْضِ بِانْتِظَامٍ . وَفِى عَامِ ١٩٧٢ ، اِرْتَدَّ كُوَيْكِبٌ صَغِيرٌ عَنِ الْغِلَافِ الْجَوِّىِّ لِلْأَرْضِ ، وَظَهَرَ كَشُعَاعٍ خَاطِفٍ عَبْرَ السَّمَاءِ . وَمِنَ الِاحْتِمَالَاتِ الْبَعِيدَةِ اصْطِدَامُ كُوَيْكِبٍ كَبِيرٍ بِالْأَرْضِ . فَقَدْ يَحْدُثُ ذَلِكَ مَرَّةً كُلَّ ٢٥٠٠٠٠ سَنَةٍ .



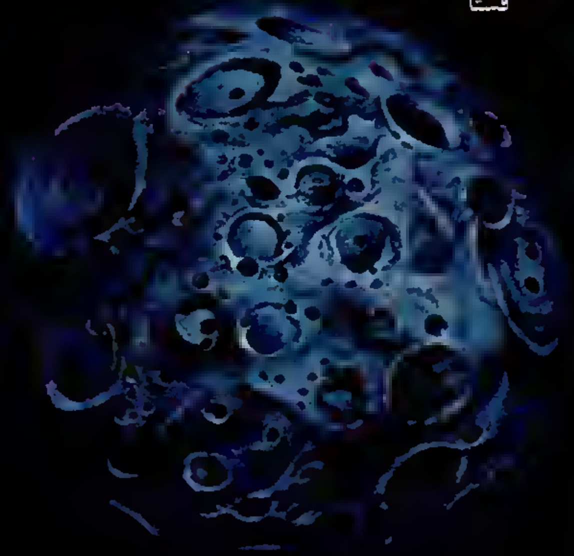







## الْعُثُورُ على الْكُوَيْكباتِ

فى عامِ ١٧٧٢ أدْرك الْفلكِىُّ الرِّياضِىُّ الْألْمانِىُّ جُوهان بُود بالْحسابات ضرُورة وُجُود كوْكب آخر بيْن الْمرِّيخ والْمشْترى . وأسْفر الْبحْثُ فى هذه الْمنْطقة عنْ عدمِ وُجُود كواكب . ولكنْ فى عامِ ١٨٠١ أكْتُشف جسْمٌ يبْلغُ ١/٣ حجْم قمر الْأرْض وسُمِّى سيريس (يمين) نسْبةً إلى إله الزِّراعة الرُّومانىِّ . ووُجدتْ بعْد ذلك أجْسامٌ أصْغرُ وسُمِّيتْ بالْحُرُوف الرُّومانيَّة والْأساطِير الْإغْريقيَّة . وتظْهرُ هُنا بعْضُ الْكُويْكبات كما يتصوَّرُها الْعُلماءُ . منْها إيْرُوس الْمُشابهُ لكُرة الْقدم . والَّذى يُهرولُ فى الْفضاء منْ طرف لآخر . وبالاسْ الْقاتمُ الْمليءُ بالْحُفر . وهكْتُور الْمُزْدوجُ ذُو الْكُرتيْن . وفسْتا الشَّاحبُ الْكبيرُ الَّذى يُمْكنُ رُؤْيتُهُ من الْأرْض دُون تلسْكُوب .



# مَا هُوَ الْمُذَنَّبُ ؟

يُرَى على بُعْدٍ مُذَنَّبٌ يَخْتَرِقُ السَّمَاءَ لَيْلًا وَيَجُرُّ خَلْفَهُ ذَيْلًا طَوِيلًا مُتَوَهِّجًا . وَالْمُذَنَّبَاتُ أَجْزَاءُ مِن الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ تَدُورُ حَوْلَ الشَّمْسِ وَهِىَ صَغِيرَةٌ جِدًّا ، بِالْمُقَارَنَةِ بِالْكَوَاكِبِ وَمَدَارَاتُهَا بَيْضَوِيَّةٌ إِهْلِيلَجِيَّةٌ مِحْوَرُهَا الرئِيسِيُّ طَوِيل . وَهِىَ قِطَعٌ مُظْلِمَةٌ مِن الصُّخُورِ وَالْجَلِيدِ مَادَامَتْ بَعِيدَةً عَن الشَّمْسِ . فَإِذَا اقْتَرَبتْ مِنْهَا ، تَبَخَّرَ بَعْضُ مَادَّتِهَا فَتَنْسَابُ غَازَاتٌ وَأَتْرِبَةٌ مِن النَّوَاةِ أو اللُّبِّ لِتُكَوِّنَ رَأْسَ الْمُذَنَّبِ أو الْكُومَا ، وتُكَوِّنَ الذَّيْلَ أَيْضًا الَّذِى يَبْدُو مُشْتَعِلًا بِأَشِعَّةِ الشَّمْسِ . وَلَا يَزِيدُ قُطْرُ نَوَاةِ المُذَنَّبِ عَلَى أَمْيَالٍ قَلِيلَةٍ ، ولكِنَّ قُطْرَ الكُومَا قَدْ يَصِلُ إِلَى مِئَاتِ الْآلَافِ مِن الْأَمْيَالِ ، وَيمْتَدُّ ذَيْلُهُ إِلَى ٦ مَلَايِين مِن الْأَمْيَالِ ، وَالدَّقَائِقُ الْمَشْحُونَةُ مِن الشَّمْسِ الْمعْرُوفَةُ بِالرِّيَاحِ الشَّمْسِيَّةِ تَدْفَعُ الذَّيْلَ بَعِيدًا عَنْهَا ، فَيَتَحَرَّكُ الْمُذَنَّبُ وَذَيْلُهُ فِى عَكْسِ اتِّجَاهِ الشَّمْسِ حَتَّى عِنْدَ تَرَاجُعِهِ عَن الشَّمْسِ . وَأَشْهَرُ الْمُذَنَّبَاتِ مُذَنَّبُ هَالِى .

**نظْرَةٌ عَنْ قُرْبٍ إِلَى مَذَنَّبٍ**

عَادَ مُذَنَّبُ هَالِى حَوْلَ الشَّمْسِ فِى عَامِ ١٩٨٦ ، بَعْدَ غِيَابِهِ الْمُعتَادِ ٧٦ سَنَةً ، أُرْسِلَتْ ٥ بَعْثَاتٍ فَضَائِيَّةٍ لِمقَابَلَتِهِ . فَوَجَدُوا نَوَاتَهُ عَلَى شَكْلِ بُنْدُقَةٍ سَوْدَاءَ أَبْعَادُهَا ١٠×٥ أَمْيَالٍ لَهَا حُفَرٌ وَتِلَالٌ وَتدُورُ حَوْلَ مِحْوَرِهَا مَرَّةً كُلَّ يَوْمَيْنِ تَقْرِيبًا ، يُحِيطُهَا كَوْمٌ تُرَابِيَّةٌ دُوَّامِيَّةٌ آلَافِ الْأَمْيَالِ وَسْطَ هَالَةٍ مُظْلِمَةٍ مِن الْغَازَاتِ قُطْرُهَا مَلَايِين الْأَمْيَالِ .





قَرِيبٌ فَأَقْرَبُ . صُورَةٌ أُخِذَتْ مِن الْأَرْضِ عَامَ ١٩٨٦ لِمذَنَّبِ هَالِى وَهُوَ يَشُقُّ السَّمَاءَ لَيْلًا (أعلى) . وَأُخِذَتْ صُورَةٌ عَنْ قُرْبٍ لِنَوَاتِهِ الْمُسْتَطِيلَةِ مِنْ سَفِينَةِ فَضَاءٍ عَلَى بُعْدِ ٣٧٥ مِيلًا مِنْهُ (يمين) فظَهَرَ تَيَّارٌ نَفَّاثٌ مِنْ أَبْخِرَةٍ غَازِيَّةٍ تَنْدَفِعُ مِن الْجَانِبِ اللَّامِعِ الْمواجِهِ لِلشَّمْسِ .

مدارُ مُذنب إنْكى

مدار مُذنَّب هالى

مدار مُذنَّب إيكاياسيكى

ذَيْلٌ تُرابِيٌّ

ذَيْلٌ أيُونِيٌّ

كُومَا (غلاف غازى)

نَوَاةٌ

هَالَةٌ

مُذنَّبُ هَالى

# مَا هِىَ النَّيَازِكُ وَ الشُّهُبُ؟

فِى لَيْلَةٍ صَافِيَةٍ ، يَسْتَطِيعُ مَنْ يُرَاقِبُ السَّمَاءَ أَنْ يَرَى خَمْسَةَ شُهُبٍ فِى السَّاعَةِ . وَهَذِهِ الْأَجْسَامُ الْمُضِيئَةُ سَرِيعَةُ الْحَرَكَةِ لَيْسَتْ نُجُومًا ، وَلَكِنَّهَا قِطَعٌ صَخْرِيَّةٌ وَمَعْدِنِيَّةٌ يَتَرَاوَحُ حَجْمُهَا بَيْنَ ذَرَّاتِ الْغُبَارِ وَكُتَلٍ فِى حَجْمِ مَنْزِلٍ . وَعِنْدَمَا تَكُونُ هَذِهِ الْكُتَلُ فِى الْفَضَاءِ تُسَمَّى نَيَازِكَ . وَتَنْجَذِبُ النَّيَازِكُ بِجَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ فَتَدْخُلُ الْغِلَافَ الْجَوِّىَّ لِلْأَرْضِ بِسُرْعَةٍ مِنْ ١٠ إِلَى ٤٤ مِيلًا/ثانية وَتَسْخُنُ بِالِاحْتِكَاكِ إِلَى دَرَجَةِ التَّوَهُّجِ الْأَبْيَضِ ، وَتَنْبَعِثُ خُطُوطًا مُضِيئَةً فِى السَّمَاءِ وَتُسَمَّى الشُّهُبَ . وَتَحْتَرِقُ مُعْظَمُ النَّيَازِكِ تَمَامًا خِلَالَ احْتِرَاقِهَا لِلْغِلَافِ الْجَوِّىِّ لِلْأَرْضِ ، وَلَكِنَّ بَعْضَهَا قَدْ يَصِلُ إِلَى الْأَرْضِ دُونَ احْتِرَاقٍ تَامٍّ وَيَصْطَدِمُ بِسَطْحِ الْأَرْضِ ، وَيُسَمَّى عِنْدَئِذٍ سَاقِطَ النَّيْزَكِ . وَفِى كُلِّ يَوْمٍ تَصْطَدِمُ النَّيَازِكُ بِالْأَرْضِ فَتَكْسِبُ الْأَرْضُ حَوَالَى ١٠ أَطْنَانٍ يَوْمِيًّا بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ . وَأَكْبَرُ سَاقِطِ نَيْزَكٍ مَعْرُوفٍ هُوَ سَاقِطُ نَيْزَك هُوبَا وَوَزْنُهُ ٦٠ طِنًّا ، الَّذِى سَقَطَ فِى نَامِيبْيَا بِأَفْرِيقْيَا الْجَنُوبِيَّةِ . وَمن الشَّائِعِ تَسْمِيَةُ سَاقِطِ النَّيْزَكِ بِالنَّيْزَكِ لِلسُّهُولَةِ .



نَيْزَكٌ حَدِيدِىٌّ . وُجِدَ هَذَا النَّيْزَكُ الْحَدِيدِىُّ( ٣٨٥ طنًا ) فى الْيابان عام ١٨٨٥ . وهو نَيْزَكٌ حديدىٌّ من مُركَّب لِلْحديد والنيكل . ويَبْدو مصْقُولا بمُروره خلال جوّ الْأرْض . وبعْضُ النيازك صخْريّةٌ . وبعْضها حديديّةٌ . وبعْضها يجْمعُ بيْن النّوْعيْن .

مجْموعةُ كُويْكبات أبولّلو

شِهَابٌ مُومِضٌ

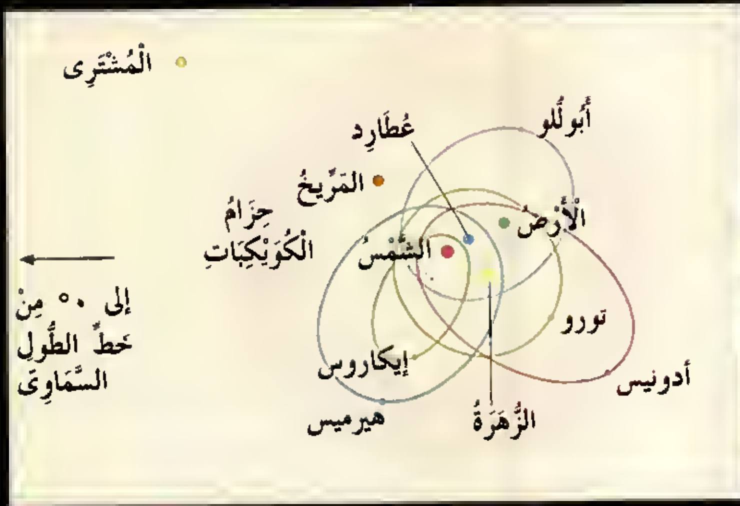
رَخَّةٌ شُهُبِيَّةٌ

سواقطُ النيازكِ عبْر مسارِ الْأرْض
يخْترقُ مَدارَ الْأرْض عديدٌ من الْأجْسام مُخْتلفةُ الْأحْجام الَّتى تَدُورُ بيْن الْكواكب ، والَّتى يأْتى مُعْظمُها منْ حزام الْكُوَيْكبات . وتسْقُطُ إلى أسْفل على الْأرْض عشْوائيًا ، وتسمّى السّواقط المتفرّقة للنّيازك .



حفرة ساقط نيزك . حفر بارينجر فى صحراء الأريزونا يبلغ قطرها ٠٫٨ أميال ، وقد حدثت منذ أكثر من ٢٠٠٠٠ سنة عندما ارتطم فى هذا المكان نيزك فى حجم عربة قطار ، وقذف ٤٠٠ مليون طن من الصخور فى الهواء .

مدارات الكويكبات




زيارة قصيرة . بعض الكويكبات من المجموعات التى تدور بالقرب من الأرض قد تصبح نيازك ساقطة تسبب حفرا على الأرض .

مذنب

غاز وغبار من مذنب

## رخات شهبية

تتخذ الشهب عادة مسارا مقوسا منفردا فى السماء وتأتى من جميع الاتجاهات . ولكن فى الرخة الشهبية قد يسقط ١٠٠ شهاب فى ساعة كلها فى اتجاه واحد . ويعتقد الفلكيون أن معظم الرخات الشهبية تنتج من التراب الذى تتركه فى الفضاء المذنبات العابرة . وتحترق دقائق التراب عندما تقابل الغلاف الجوى للأرض . وتسمى الرخات الشهبية السنوية طبقا للكوكبات التى يظهر حدوثها فيها ، الأسديات فى الأسد ، والجباريات فى الجبار ، والفرساوسيات فى فرساوس ، وهكذا .

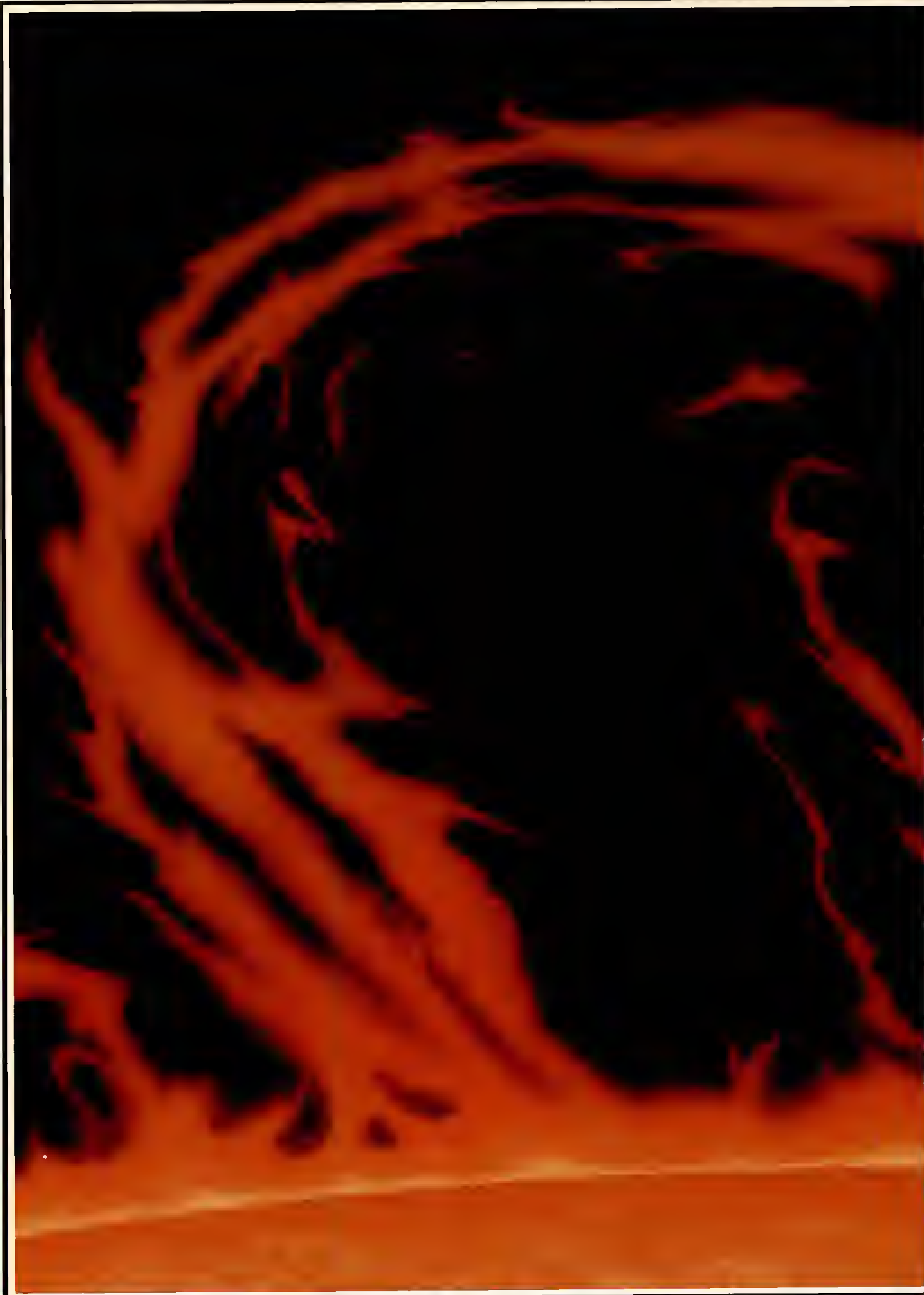
# 2 الشَّمْسُ

تَنْطَلِقُ أشِعَّةُ الشَّمْسِ مِنْ بَاطِنِ الشَّمْسِ بِسُرْعَةِ ١٨٦٠٠٠ مِيلٍ / ثانية (حوالى ٦٧٠ مِلْيُونَ مِيل / ساعة) لِتُعْطِىَ الْحياةَ لِكُلِّ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ الأَرْضِيَّةِ .

وقَدْ نشأت الشَّمْسُ مِنْ سَحابَةٍ دُوَّامِيَّةٍ مِن الْغَازَاتِ بِالْقُرْبِ مِنْ أحَدِ نِهَايَاتِ مَجَرَّةِ الطَّرِيقِ اللَّبَنِىِّ مِنْ حَوَالَى ٤,٦ بليون سنة . وَالآنَ ، هِىَ نَجْمٌ مُتَوسِّطُ الْحَجْمِ ، يَتَكَوَّنُ مُعْظَمُهُ مِنَ الهَيْدُرُوجين وَالهِيلْيُوم . وَفِى مَرْكَزِ الشَّمْسِ الَّذِى يَحْتَرِقُ عِنْدَ ١٥ مِلْيُونَ دَرَجةِ كَلفن — يُحَوِّلُ الضَّغْطُ الْجَوِّىُّ الهَيْدُرُوجين إلى هِيلْيُوم مُطْلِقًا كَمِّيَّاتٍ كَبِيرَةً مِن الطَّاقَةِ بِعَمَلِيَّةٍ تُسَمَّى الِانْدِمَاجَ النَّوَوِىَّ . وتَشُقُّ الطَّاقَةُ النَّاتِجَةُ طَرِيقَهَا إِلَى السَّطْحِ فَتَحْفَظُهُ مُضْطَرِبًا شَدِيدَ الْحَرَارَةِ وَذَلِكَ بِتَأْثِيرِ دَوَارنِ الشَّمْسِ وَالْقُوَى الْمَغْنَاطِيسِيَّةِ . وَفِى بَعْضِ الْمنَاطِقِ ، تُبَرِّدُ الْقُوَى المغْنَاطِيسيَّةُ الْغَازَاتِ ، فَتُكَوِّنُ بُقَعًا شَمْسِيَّةً قَاتِمَةً تُرَى مِن الأَرْضِ . وَيَنْمُو وَيَنْكَمِشُ عَدَدُ الْبُقَعِ التَّمْسِيَّةِ فِى دَوْرَاتٍ مُتَوسِّطُهَا ١١ سَنَةً .

وَمِنْ حِينٍ لِآخَرَ ، تَنْفَجِرُ الطَّاقَةُ الشَّمْسِيَّةُ المخْزُونَةُ مِن الْكُرُومُوسفير (الكرة اللونية) مُطْلِقَةً نَفَّاثَاتٍ مِن الْغَازِ أَوْ أَلْسِنَةَ لَهَبٍ لِآلَافِ الأَمْيَالِ فِى الْفَضَاءِ . وَيَتَسَرَّبُ تَيَّارٌ مِنْ دَقَائِقَ يُسَمَّى الرِّيَاحَ الشَّمْسِيَّةَ — خِلَالَ خُطُوطِ المجَالِ الْمغْنَاطِيسِىِّ المفْتُوحَةِ مِن الإِكْلِيلِ (الكورونا) إِلَى الْفَضَاءِ ، وَتَتِمُّ مُلَاحَظَةُ قُوَّتِهَا عَلَى الأَرْضِ فقطْ أَثْنَاءَ النَّشَاطِ الأَقْصَى لِلشَّمْسِ ، عِنْدَمَا تُحْدِثُ الْعَوَاصِفُ الْمغْنَاطِيسِيَّةُ اضْطِرَابًا فِى الْبُوصَلَاتِ وَأَنْظِمَةِ الْقُوَى وَالِاتِّصَالَاتِ ، وَتُضِىءُ السَّمَاءَ بالشَّفَقِ الْقُطْبِىِّ . وَيُعْتَقَدُ أَنَّ الشَّمْسَ سَتَبْدَأُ مَوْتًا بَطِيئًا خِلَالَ حَوَالَى ٥ بَلَايِينَ سَنَةٍ ، فَتَتَمَدَّدُ أَوَّلًا إِلَى حَوَالَى ١٠٠ مَرَّةٍ مِثْلَ حَجْمِهَا الْحَالِى ، ثُمَّ تَنْكَمِشُ إِلَى حَوالَى ١/١٠٠ مِنْ حَجْمِهَا الْحَالِى . وَبِانْطِفَاءِ نِيرَانِهَا النَّوَوِيَّةِ ، سَتَتَحَوَّلُ الشَّمْسُ إِلَى جَمْرَةٍ بَارِدَةٍ سَوْدَاءَ .

أَقْوَاسُ أَلْسِنَةِ اللَّهَبِ الشَّمْسِيَّةِ تَمتَدُّ ٨٠٠٠ مِيل فَوْقَ سَطْحِ الشَّمْسِ . وَاتِّسَاعُ هَذَا الْقَوْسِ يَبْلُغُ حَجْمَ الأَرْضِ بِأَكْمَلِهَا .



# كَيْفَ تَكَوَّنَتِ الشَّمْسُ ؟

تَكَوَّنَتِ الشَّمْسُ ــ مِثْلَ كُلِّ النُّجُومِ ــ مِنْ سَحَابَةٍ مُنْكَمِشَةٍ مِنَ الْغَازِ وَالْغُبَارِ . فَبَدَأَتْ دَقَائِقُ الْغُبَارِ عَلَى الطَّرَفِ الْخَارِجِيِّ لِلسَّحَابَةِ أَوِ الْغَمَامَةِ فِي السُّقُوطِ إِلَى الْمَرْكَزِ ، وَعَمِلَتْ جَاذِبِيَّتُهَا مُجْتَمِعَةً عَلَى جَذْبِ مَزِيدٍ مِنَ الذَّرَّاتِ لِلدَّاخِلِ . وَخِلَالَ حَوَالَى ١٠ مَلَايِينَ سَنَةٍ ، أَصْبَحَتْ سَحَابَةُ الْغَازِ أَكْثَفَ وَأَسْخَنَ . ثُمَّ حَدَثَ تَحَوُّلٌ هَامٌّ عِنْدَ الْمَرْكَزِ ، هِىَ عَمَلِيَّةُ الِانْدِمَاجِ النَّوَوِىِّ الَّتِى نَتَجَتْ بِسَبَبِ شَدِّ الْجَاذِبِيَّةِ وَالضَّغْطِ الْمُتَزَايِدِ عَلَى النَّوَيَاتِ الذَّرِّيَّةِ ، وَانْطَلَقَتْ مَقَادِيرُ هَائِلَةٌ مِنَ الطَّاقَةِ . وَأَصْبَحَتِ الشَّمْسُ نَجْمًا ، بِلَهِيبِهَا النَّوَوِىِّ الْمُضِىءِ .

١ سَحَابَةٌ غَازِيَّةٌ مُنْكَمِشَةٌ

مُنْذُ حوالَى ٥ بلايِينِ سَنَةٍ ، بَدَأَ سَدِيمٌ ــ تَرْكِيزٌ مُضِىءٌ مِنْ غَازٍ وَغُبَارٍ ــ فى التَّجَمُّعِ وَالِانْكِمَاشِ . وَكَمَا تَفْعَلُ عَجِينَةُ الْبِتْزَا عِنْدَ إِلْقَائِهَا فِي الْهَوَاءِ ، فَإِنَّ هَذَا السَّدِيمَ تَفَلْطَحَ وَأَصْبَحَ قُرْصًا نَاتِئًا عِنْدَ الْمَرْكَزِ .

٢ شَدُّ الْجَاذِبِيَّةِ

وَباسْتِمْرَارِ السَّدِيمِ فى الدَّوَرَانِ ، انْجَذَبَتِ الْمَادَّةُ بِوَاسِطَةِ الْجَاذِبِيَّةِ إلى الْمَرْكزِ . وَسَقَطَتْ ذَرَّاتٌ غَازِيَّةٌ أَكْثَرُ وَأَكْثَرُ إلى الْمَرْكَزِ ، فَزَادَتِ الكَثَافَةُ وَدَرَجَةُ الْحَرَارَةِ . وَنَتِيجَةً لِذَلِكَ بَدَأَ الْمَرْكَزُ الدَّاخِلِىُّ السَّاخِنُ فِى التَّوَهُّجِ .

[illegible] ٤,٦ [illegible]
سنة .
اللَّمَعَانُ : ضِعْفُ لمَعَانِ نَجْمٍ مُتَوَسِّطٍ فِي المِجَرَّةِ .
القُطْرُ : ٨٦٤٩٥٠ ميلا
دَرَجَةُ حَرَارَةِ اللُّبِّ : ١٥ مليون °ك .

**٥ الشَّمْسُ الآنَ**

عُمْرُ الشَّمْسِ الْآنَ ٤,٦ بلْيُون سنة . وقد أحْرقتْ حوالَى نصْف الْهِيدْرُوجين في لُبِّها ؛ ولكنَّها ستَسْتمرُّ فى تفاعُلاتِها النَّوويَّة لمُدَّة خمْسة بلايين سنةٍ أُخرى .

**٤ مَوْلِدُ نَجْم**

وبعْد الْكماش مُدَّتُهُ ١٠ ملايين سنة .. استقرَّت الشَّمْسُ الْجديدَةُ علَى حجْمٍ أكْبر قليلًا مِنْ حجْمِها الْحالِى . ووصلتْ درجةُ حَرارةِ اللُّبِّ (المركز) إلى ١٠ مَلايينَ درجةٍ مُطْلَقة ، وبدأت التَّفاعُلاتُ النَّوويَّةُ .

[illegible] عمر ١٠٠ مليون سنة
[illegible] ٢/٣ لمعان الشمس اليوم .
[illegible] ٨٠٠٠٠٠ ميل
درجة حرارة اللب : ١٥ مليون °ك

الشمس عمر مليون سنة
اللمعان : [illegible] الشمس اليوم .
القطر : ٤ مليون ميل
درجة حرارة اللب : ٤٠ مليون°ك

**٣ نَجْمةٌ تَقْريبًا**

وباسْتمْرار الانْكماش ، صغُر اللُّبُّ الْمُضيءُ إلى ٥٠ مَرَّةً مِثْل حجْم الشَّمْس الْآن . واسْتمرّت الذَّرَّاتُ فِي السُّقُوطِ إلى اللُّبِّ حيْثُ [illegible] الْكثيفةُ تصادُم الذَّرَّات معا .

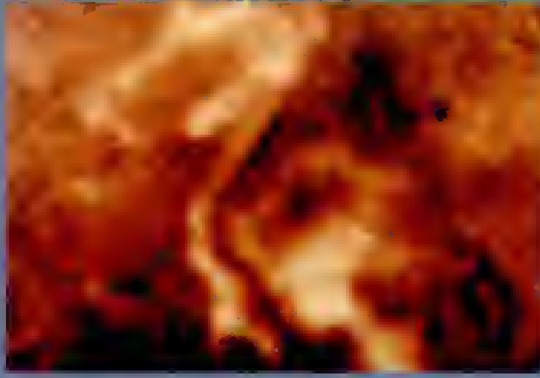
الشمس فى عمر ١٠٠٠٠٠ سنة
اللمعان : ١٠ مرات مثل الشمس اليوم
القطر : ٧ مليون ميل .
درجة حرارة اللب : ٨٠٠٠٠٠° ك

الشَّمسُ فِى عمر ١٠٠٠٠ سنة
اللمعان : ٩٠ مرة مثل الشمس اليوم .
القطر : ١٨ مليون ميل .
درجة حرارة اللب : ٧٥٠٠٠°ك

الشَّمْسُ فِى عُمْرِ ١٠٠٠ سنة
اللَّمَعَانُ : ٥٠٠ مَرَّةٍ مِثْلِ الشَّمْسِ الْيوم .
الْقُطْرُ : ٤٥ مِلْيُونَ مِيلٍ
دَرَجَةُ حَرَارَةِ اللُّبِّ : ١٥٠٠٠°ك

# مِمَّ تَتَرَكَّبُ الشَّمْسُ ؟

تَظْهَرُ الشَّمْسُ كَبَصَلَةٍ مُشْتَعِلَةٍ حَجْمُهَا ١١٠ مَرَّاتٍ مِثْلَ الْأَرْضِ ، وَتَتَرَكَّبُ مِنْ طَبَقَاتٍ عَدِيدَةٍ حَوْلَ لُبٍّ . وَغَازُ الْهِيدْرُوجِين يُكَوِّنُ حَوَالَى ٣/٤ الشَّمْس ، وَالْهِيلْيُوم حَوَالَى الرُّبْع ، مَعَ نِسْبَةٍ ضَئِيلَةٍ مِن عَنَاصِرَ أُخْرَى . وَتُعْتَبَرُ الْكُتْلَةُ الْكُلِّيَّةُ لِلشَّمْسِ صَغِيرَةً بِالنِّسْبَةِ لِحَجْمِهَا ، وَهَذَا يَعْنِى أَنَّ الْكَثَافَةَ الْمتَوَسِّطَةَ لِلشَّمْسِ مُنْخَفِضَةٌ . وَلكِن عِنْدَ اللُّبِّ تَتَكَاثَفُ المادَّةُ لِدَرَجَةِ أَنَّ قِطْعَةً فى حَجْمِ الْجُوزَةِ قَدْ يَزِيدُ وَزْنُهَا عَلَى بِطِّيخَةٍ . وَالطَّاقَةُ مِن التَّحَوُّلَاتِ النَّوَوِيَّةِ فِى اللُّبِّ ، تُشِعُّ خِلَالَ طَبَقَة مُتَوَسِّطَةٍ . وَإِلَى الْخَارِجِ قَلِيلًا ، تَنْقُلُ مِنطَقَةُ الْحمْلِ الحَرَارَةَ مِن الْمِنطَقَةِ الدَّاخِلِيَّةِ إِلَى السَّطْحِ ، أَوْ الْفُوتُوسفِير ، وَهُوَ جُزْءُ الشَّمْسِ الَّذِى نَرَاهُ . وَفَوْقَ الْفُوتُوسفِير تُوجَدُ طَبَقَتَانِ لِلْغِلَافِ الْجَوِّىِّ ، هُمَا الْكُرُومُوسفير وَالْإِكْلِيل ، اللَّتَانِ لَاتَظْهَرَانِ مِن الْأَرْضِ .



▲ تَوَهُّجٌ شَمْسِىٌّ سَاطِعٌ يُطْلِقُ بِعُنْفٍ طَاقَةَ الشَّمْسِ فِى نَشَاطٍ مُفَاجِئٍ لِلْمَادَّةِ الْغَازِيَّةِ ، وَيُسَمَّى الْبِلَازْمَا .

## تَرْكِيبُ الشَّمْسِ

**اللُّبُّ** : يَنْدَمِجُ الْهِيدْرُوجِين مُتَحَوِّلًا إِلَى هِيلْيُوم تَحْتَ ضَغْطٍ يُعَادِلُ ضَغْطَ سَطْحِ الْأَرْضِ ٢٠٠ بِلْيُون مَرَّة .

**مِنطَقَةُ الْإِشْعَاعِ** : الطَّاقَةُ الْمُنْبَعِثَةُ مِن اللُّبِّ تَنْعَكِسُ هُنَا عِدَّةَ قُرُونٍ قَبْلَ أَنْ تَخْرُجَ إِلَى السَّطْحِ .

**مِنطَقَةُ الْحَمْلِ** : الطَّاقَةُ مِنْ مِنطَقَةِ الْإِشْعَاعِ تَدْخُلُ إِلَى طَبَقَةٍ غَازِيَّةٍ أَبْرَدَ فِى مِنطَقَةِ الْحَملِ . فَتَرْتَفِعُ الْغَازَاتُ السَّاخِنَةُ إِلَى السَّطْحِ ثُمَّ تَبْرُدُ فَتَسْقُطُ ثَانِيَةً فِى تَيَّارَاتِ حَمْلٍ دَوَّامِيَّةٍ .

**الفوتوسفير (الْكُرَةُ الضَّوْئِيَّةُ)** : وَيَخْرُجُ مِنْهَا مُعْظَمُ ضَوْءِ الشَّمْسِ الَّذِى نَرَاهُ مِن الْأَرْضِ .

**الْكُرُومُوسفير (الْكُرَةُ اللَّوْنِيَّةُ)** وَهُوَ الطَّبَقَةُ السُّفْلِيَّةُ الرَّقِيقَةُ مِن الْغِلَافِ الْجَوِّىِّ الشَّمْسِىِّ ، وَتَتَجَاوَزُهَا أَلْسِنَةُ اللَّهَبِ السَّاطِعَةُ الْمتَصَاعِدَةُ كَنَافُورَاتٍ غَازِيَّةٍ .

**نِيوتْرِينات** [illegible]دِمَاجُ الْهِيدْرُوجِين إِلَى هِيلْيُوم فِى اللُّبِّ يَنْتج عَنْهُ عَدَدٌ مِن الْأَجْسَامِ عَدِيمَةِ الشَّحْنَةِ وَعَدِيمَةِ الْكُتْلَةِ تَقْرِيبًا يُسَمَّى كُلٌّ مِنْهَا نِيُوتْرِينُو .

**أشِعَّةُ جَامَا** : يَنْتُجُ عَن الِانْدِمَاجِ أَشِعَّةُ جَامَا ، وَهِى أَكْثَرُ أَنْوَاعِ الْإِشْعَاعِ الْكَهْرُومَغْنَاطِيسِى نَشَاطًا .

**الْكُورُونا (الإكليل)** : وَهُوَ غِلَافُ الشَّمْسِ الْخَارِجِىُّ ، وَيَمْتَدُّ فِى الْفَضَاءِ حَيْثُ يَقِلُّ تَدْرِيجِيًا .

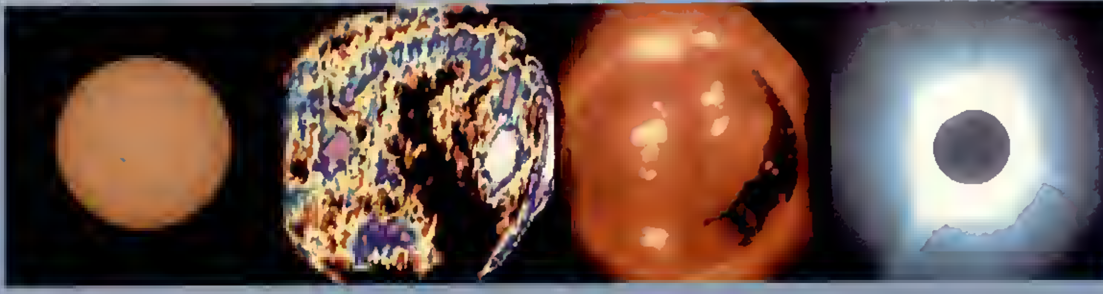
مَنَاظِرُ مُخْتَلِفَةٌ لِلشَّمْسِ

١ الْإِكْلِيلُ ، أَثْنَاءَ كُسُوفٍ كُلِّيٍّ لِلشَّمْسِ .

٢ ثَقْبٌ فِي الْإِكْلِيلِ ، فِي صُورَةٍ بِالْأَشِعَّةِ السِّينِيَّةِ .

٣ بُقْعَةٌ سَاخِنَةٌ مُضِيئَةٌ وَبُقْعَةٌ بَارِدَةٌ مُظْلِمَةٌ مِنَ الكْرُوموسفير ، بِالْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ .

٤ بُقَعٌ شَمْسِيَّةٌ عَلَى الفوتوسفير .





الْغِلَافُ الْخَارِجِيُّ لِلشَّمْسِ : يَتَوَهَّجُ الْفُوتُوسفير عند ٦٠٠٠°ك ، فَيُخْفِي تَحْتَهُ طَبَقَاتِ الشَّمْسِ الْأُخْرَى . وَيَتَأَلَّقُ الكروموسفير عند ١٠٠٠٠°ك ، وَلَكِنَّهُ يَظْهَرُ أَكْثَر إعْتَامًا من الفُوتوسفير بِحَوَالَيْ أَلْفِ مَرَّةٍ . وَيُحِيطُ الْإِكْلِيلُ بِالشَّمْسِ عِنْدَ دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ قَدْ تَصِلُ إِلَى ٢ مليون°ك ، ولَكِنْ نَظَرًا لِلانْتِشَارِ الْوَاسِعِ لِدَقَائِقِ الْغَازِ فَإِنَّ دَرَجَةَ الْحَرَارَةِ الْمُتَوَسِّطَةِ لِلْإِكْلِيلِ مُنْخَفِضَةٌ بِشَكْلٍ مَلْحُوظٍ . وَضَوْؤُهَا الْمَرْئِيُّ الْمُعَادِلُ لِلْقَمَرِ فِي لَمَعَانِهِ ، لَا يُرَى إِلَّا عِنْدَمَا يَحْجُبُ الْقَمَرُ الْفُوتُوسفير أَثْنَاءَ كُسُوفِ الشَّمْسِ .

**النُّتُوءَاتُ** : حَلَقَاتٌ أَوْ أَلْوَاحُ الْغَازِ اللَّامِعَةُ ، الْمُسَمَّاةُ نُتُوءَاتٍ ، قَدْ تُحَوِّمُ فِي الْإِكْلِيلِ عِدَّةَ أَيَّامٍ ، أَوْ تَنْفَجِرُ وَتَخْتَفِي فِي دَقَائِقَ .

**الْبِلَاچَاتُ** : (كلمة فرنسية بمعنى الشواطئ) تُحَوِّمُ الْبِلَاچَاتُ الْمُتَوَهِّجَةُ فِي الكروموسفير فَوْقَ مَنَاطِقِ النَّشَاطِ الْمِغْنَاطِيسِيِّ مِثْلَ الْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ (وتسمى البلاچات الصيخدات اللونية) .

**الانْدِلَاعَاتُ** (أَيْ أَلْسِنَةُ اللَّهَبِ) هِيَ مِنَ التَّأْثِيرَاتِ الْمُذْهِلَةِ لِلنَّشَاطِ الْمِغْنَاطِيسِيِّ الْمُكَثَّفِ ، وَتَنْفُثُ الْغَازَاتِ إِلَى أَكْثَرَ مِنْ ١٥٠٠٠٠ مِيلٍ فِي الْفَضَاءِ .

**الطَّفَرَاتُ الضَّوْئِيَّةُ** : هِيَ بُقَعٌ مُضِيئَةٌ تَظْهَرُ فِي أَعْلَى الفوتوسفير . وَتَتَكَوَّنُ قَبْلَ فَتْرَةٍ قَصِيرَةٍ مِنْ ظُهُورِ الْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ .

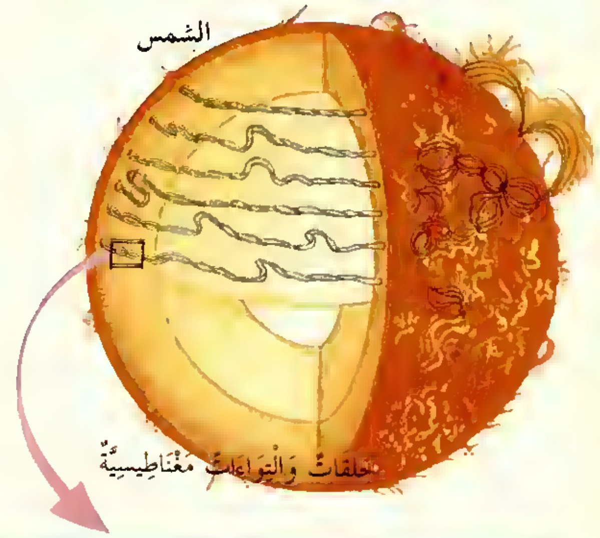
**الْبُقَعُ الشَّمْسِيَّةُ** : وَتَظْهَرُ كَبُقَعٍ سَوْدَاءَ عَلَى سَطْحِ الفوتوسفير . وَهُوَ النَّشَاطُ الشَّمْسِيُّ الْوَحِيدُ الَّذِي يُمْكِنُ رُؤْيَتُهُ بِالْعَيْنِ الْمُجَرَّدَةِ .

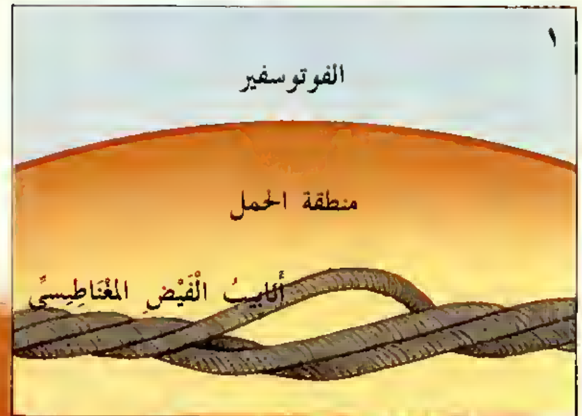
**الْأَلْسِنَةُ** : أَعْمِدَةُ الْغَازَاتِ فِي الكروموسفير تُسَمَّى أَلْسِنَةَ اللَّهَبِ ، وَهِيَ تَمْتَدُّ فِي الْإِكْلِيلِ لِمَسَافَةِ ١٠٠٠٠ ميل بِسُرْعَةِ ١٥ ميل/ثانية .

**الحبيبات** : تَتَدَفَّقُ تَيَّارَاتُ الْغَازِ السَّاخِنِ وَالْبَارِدِ إِلَى الفوتوسفير عَلَى هَيْئَةِ حُبَيْبَاتٍ قُطْرُ الْوَاحِدَةِ ٦٠٠ مِيلٍ ، وَفَوْقَ حُبَيْبَاتٍ قُطْرُ الْوَاحِدَةِ ١٨٠٠٠ ميل .

# مَا سَبَبُ تَكَوُّنِ الْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ ؟

تَظْهَرُ الْبُقَعُ الشَّمْسِيَّةُ سَوْدَاءَ عَلَى سَطْحِ الشَّمْسِ لِأَنَّ الْغَازَ الْبَارِدَ الَّذِى تَحْتَوِيهِ يَكُونُ أَكْثَرَ إِعْتَامًا مِنَ الْوَسَطِ السَّاخِنِ الْمُحِيطِ بِهَا . وَرَغْمَ هَذَا فَإِنَّ الْبُقْعَةَ الشَّمْسِيَّةَ سَاخِنَةٌ لِدَرَجَةِ أَنَّ لَمَعَانَهَا عَشَرَةُ أَمْثَالِ لَمَعَانِ الْقَمَرِ . وَتَتَكَوَّنُ الْبُقَعُ الشَّمْسِيَّةُ فِى عَمَلِيَّةٍ مُعَقَّدَةٍ : تَدُورُ الشَّمْسُ عَلَى قُطْبَيْهَا الْمغْنَاطِيسِيَّيْنِ الشَّمَالِىِّ وَالْجنُوبِىِّ ، وَلكِنْ لِأَنَّهَا تَتَكَوَّنُ مِنْ غَازَاتٍ ، فَإِنَّ خطَّهَا الِاسْتِوَائِىَّ يَدُورُ أَسْرَعَ مِنْ قُطْبَيْهَا . وَنَتِيجَةً لِذَلِكَ ، فَإِنَّ خُطُوطَ الْمجَالِ الْمغْنَاطِيسِىِّ ـــ الَّتِى تَتَحَرَّكُ عَادَةً مِنْ قُطْبٍ إِلَى آخَرَ ـــ تُسْحَبُ حَوْلَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ وَتَلْتَوِى عَلَى بَعْضِهَا . وَتَعْمَلُ تَيَّارَاتُ الْحَمَلِ عَلَى زِيَادَةِ الِاضْطِرَابِ فَتحزِّمُ وَتُجدِّلُ خُطُوطَ الْمجَالِ حَتَّى تَنفَتِلَ وَتَنْدَفِعَ خِلَالَ الْفُوتُوسفِير ، وَتَتَقَوَّسُ فِى الْإِكْلِيلِ عَلَى هَيْئَةِ مَغْنَاطِيسٍ عِمْلَاقٍ بِشَكْلِ حِذَاءِ الْفَرَسِ . وَتُبْطِئُ تَيَّارَاتُ الْحَمْلِ بِفِعْلِ خُطُوطِ الْمَجَالِ الْمُشَوَّهَةِ ، فَتَبردُ الْغَازَاتُ بِدَوْرِهَا ، وَتَتَكَوَّنُ الْبُقَعُ الشَّمْسِيَّةُ . وَغَالِبًا ، تَتَكَوَّنُ بُقْعَةٌ شَمْسِيَّةٌ عِنْدَ مَوْضِعِ خُرُوجِ الْحَلْقَةِ ، وَتَظْهَرُ أُخْرَى فِى مَكَانِ دُخُولِهَا مَرَّةً أُخْرَى .









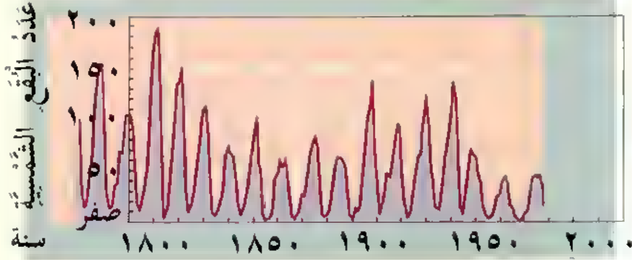

حلْقَاتٌ والْتِوَاءاتٌ مغْنَاطِيسِيَّةٌ ١ ـــ الشَّمْسُ الْغَازِيَّةُ تَدُورُ أَسْرَعَ عِنْدَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ عَنْهَا عِنْدَ الْقُطْبَيْنِ ، فَتَلْتَوِى خُطُوطُ الْقُوَى الْمغْنَاطِيسِيَّةُ إِلَى خُطُوطِ فَيْضٍ مغْنَاطِيسِىٍّ تُشْبِهُ الْحِبَالَ وَمُوَازِيَةً لخطِّ الِاسْتِوَاءِ . ٢ ـــ الْغَازَاتُ السَّاخِنَةُ الصَّاعِدَةُ خِلَالَ مِنْطَقَةِ الْحَمْلِ تَرْفَعُ أَنَابِيبَ الْفَيْضِ الْمغْنَاطِيسِىِّ فَتطْفُو إِلَى السَّطْحِ فِى حَلْقَاتٍ . ٣ ـــ عِنْدَمَا تخْتَرِقُ حَلْقَةٌ طَبَقَةَ الْفُوتُوسفِير ، فَإِنَّ كُلًّا مِنْ سَاقَيْهَا يَثْقُبُ الْغَازَ فِى مَكَانِهَا ، فَيُبْطِئُ تَيَّارَاتِ الْحَملِ وَيَجْعَلُ السَّطْحَ يَبْرُدُ .

منطقة الحمل

أَنَابِيبُ الْفَيْضِ الْمَغْنَاطِيسِىِّ

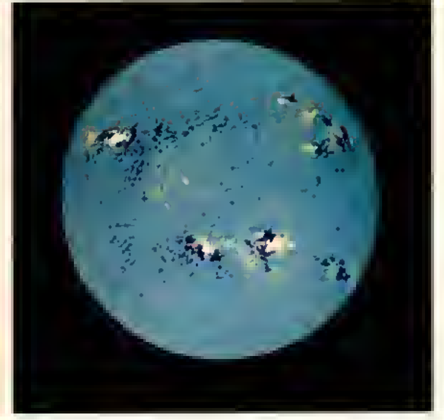
## مُتَوَسِّطُ دَوْرَةِ الْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ

لَاحَظَ الْفَلَكِيُّونَ الْبُقَعَ الشَّمْسِيَّةَ مُنْذُ أَكْثَرَ مِنْ ٢٥٠٠ سَنَةٍ . وَلِمئاتِ السِّنِينَ ، سَجَّلُوا دَوْرات الْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ بِمُتَوَسِّطِ ١١ سَنَةً . وَكَمَا يَظْهَرُ أَسْفَل ، فَإِنَّ عدد الْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ يَتَغَيَّرُ ، وَالْفَتَرَاتُ الَّتِى يَزِيدُ فِيها عَدَدُها بِدَرَجَةٍ غَيْرِ عادِيَّةٍ




تُسَمَّى النَّشَاطَ الْأَقْصَى لِلْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ ، وَالسَّنَوَاتُ ذَوَاتُ عَدَدِ بُقَعٍ شَمْسِيَّةٍ أَقَلَّ مِن الْمُعْتَاد ، تُسَمَّى النَّشَاطَ الْأَدْنَى لِلْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ .





تَخْطِيطٌ مَغْنَاطِيسِىٌّ (أعلى يمين) يُبَيِّنُ الْمجالَاتِ الْمَغْنَاطِيسِيَّةَ الْقَوِيَّةَ ـــ الْمِسَاحَاتِ الْقَاتِمَةَ وَالْفَاتِحَةَ ـــ الَّتِى تُحِيطُ بِالْبُقَعِ الشَّمْسِيَّةِ . بُقَعٌ شَمْسِيَّةٌ (أَعْلَى يسار) تَظْهَرُ فِى الضَّوْءِ الْعَادِىِّ كَبُقَعٍ عَلَى الفوتوسفير .

نتوء

خُطُوطُ المجَال المغْنَاطِيسِىِّ

بُقْعَةٌ شَمْسِيَّةٌ

بُقْعَةٌ شَمْسِيَّةٌ

الكروموسفير

الفوتوسفير

# مَا الَّذى يَجْعَلُ الشَّمْسَ مُضِيئَةً؟

يَحْتَرِقُ لُبُّ الشَّمْسِ بِعُنْفٍ يَفُوقُ النَّارَ عَلَى الْأَرْضِ . وَمَبْعَثُ حَرَارَتِهِ وَضَوْئِهِ هُوَ الِانْدِمَاجُ النَّوَوِىُّ ، وَهِىَ عَمَلِيَّةٌ تَنْدَمِجُ فِيهَا نَوَيَاتٌ ذَرِّيَّةٌ خَفِيفَةٌ لِتُكَوِّنَ أُخْرَى أَثْقَلَ . وَالتَّفَاعُلَاتُ الِانْدِمَاجِيَّةُ تُحَوِّلُ أَيْضًا الْكُتْلَةَ إِلَى طَاقَةٍ طِبْقًا لِمُعَادَلَةِ أَلْبِرْت أَيْنِشْتَيْنِ الْمَشْهُورَةِ : طا = ك ع$^2$ (الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء). وَفِى لُبِّ الشَّمْسِ يَنْدَمِجُ الْهِيدْرُوجِينُ لِيُكَوِّنَ الْهِيلْيُوم وَتَتَحَوَّلُ ٤ ــ ٥ مليون طِنٍّ مِنَ الْكُتْلَةِ كُلَّ ثَانِيَةٍ إِلَى طَاقَةٍ .







تَنْتُجُ طَاقَةٌ

٢ تَقْتَرِبُ نَوَاةُ دِيُوتِيرون ــ بِهَا بُرُوتُون ونيوترون ــ مِنْ نَوَاةِ هيدروجين أو بروتون .

٣ يَصْطَدِمُ بُرُوتُون بِنَوَاةِ دِيوتِيرُون ، وَيَتَكَوَّنُ هِيلْيُوم خَفِيفٌ .

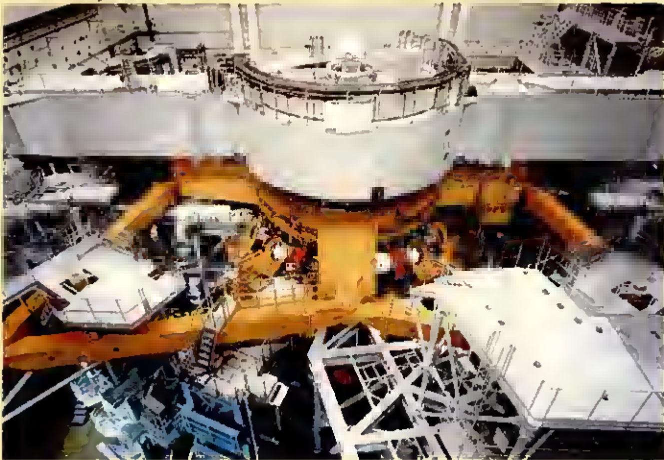
٤ نَوَاتَا هِيلْيُوم خَفِيف فِى حَالَةِ تَصَادُم . تَنْتُجُ طَاقَةٌ

■ **الِانْدِمَاجُ النَّوَوِىُّ**

تَحْتَوِى نَوَاةُ الذَّرَّةِ عَلَى بُرُوتُونٍ أَوْ أَكْثَرَ ، وَقَدْ تَحْتَوِى عَلَى نِيُوتْرُون أَوْ أَكْثَرَ . وَتَدُورُ إِلِكْتْرُونَاتٌ حَوْلَ النَّوَاةِ . وَفِى دَاخِلِ الشَّمْسِ ، تَنْطَلِقُ الْإِلِكْتْرُونَاتُ بِتَأْثِيرِ الْحَرَارَةِ وَالضَّغْطِ الْمُكَثَّفَيْنِ تَارِكَةً النَّوَيَاتِ عَارِيَةً . وَتَصْطَدِمُ النَّوَيَاتُ (البروتونات) مَعًا بِتَأْثِيرِ الْحَرَارَةِ وَالضَّغْطِ أَيْضًا وَتَنْتُجُ نَوَيَاتُ هِيلْيُوم مِنْ نَوَيَاتِ الْهِيدْرُوجِين فِى ثَلَاثِ خُطُوَاتٍ . فَأَوَّلًا ، تَنْدَمِجُ نَوَاتَا هِيدْرُوجِين مَعًا (بروتونان) لِتُكَوِّنَا نَوَاةَ دِيُوتِيرون وَيَنْطَلِقُ بُوزِتْرُون ونِيُوتْرِينُو . ثُمَّ يَنْدَمِجُ الدُّيُوتِيرُون (الهيدروجين الثقيل) مَعَ بُرُوتُونٍ آخَرَ لِيُكَوِّنَ هَيلْيُوم خَفِيفًا ، وَتَنْطَلِقُ طَاقَةٌ عَلَى هَيْئَةِ أَشِعَّةِ جَامَا . وَأَخِيرًا ، تَنْدَمِجُ نَوَاتَا هِيلْيُوم خفيف مُكَوِّنَةً نَوَاةَ هِيلْيُوم عَادِىٍّ ــ تَتَكَوَّنُ مِنْ بُرُوتُونَيْنِ وَنُيُوتْرُونَيْنِ ــ وَيَنْطَلِقُ بُرُوتُونَان وتَكُونُ كُتْلَةُ النَّوَاةِ النَاتِجَةِ لِلهليوم فِى النِّهَايَةِ أَقَلَّ مِنْ كُتْلَةِ مُكَوِّنَاتِهَا الْأَصْلِيَّةِ . وَهَذَا النَّقْصُ فِى الْكُتْلَةِ يَتَحَوَّلُ إِلَى طَاقَةٍ .



الصَّحْرَاءُ الْكُبْرَى ، فَوْقَ خَطِّ الاسْتِوَاءِ مُبَاشَرَةً ، ▲ تُغَطِّيهَا سُحُبٌ قَلِيلَةٌ . وَهِىَ تَسْتَقْبِلُ مِن الْإِشْعَاعِ الشَّمْسِىّ مَايَفُوقُ أَىَّ مَكَانٍ آخَرَ عَلَى الْأَرْضِ .



▲ مَازَالَ الِانْدِمَاجُ النَّوَوِىُّ عَلَى الْأَرْضِ فِى مَرَاحِلِهِ التَّجْرِيبِيَّةِ ، مِثْلَ الْمُفَاعِلِ الِانْدِمَاجِىّ بِجَامِعَةِ برينستون فى نيوجرسى (أعلى). ومحَطَّاتُ الْقُوَى الَّتِى تُوَلِّدُ الْكَهْرَبَاءَ بِالِانْشِطَارِ النَّوَوِىِّ تَسْتَخْدِمُ عَنَاصِرَ نَادِرَةً مِثْلَ الْيُورَانْيُوم ، أَمَّا المحَطَّاتُ الِانْدِمَاجِيَّةُ فَيُمكِنُهَا اسْتِخْدَامُ غَازٍ عَادِىٍّ كَالهِيدْرُوجِين .

تَنْتُجُ طاقةٌ

٧ الْبُرُوتُونَاتُ المطْرُودَةُ تُصْبِحُ مَوَادَّ خامًا لِتَصَادُمَاتٍ مُقْبِلَةٍ .

٥ يَنْدَمِجُ بُرُوتُونَان ونُيُوتْرُونَان ، وتَنْفَصِلُ الْبُرُوتُونَاتُ الزَّائِدَةُ .



٦ وتَتَكَوَّنُ ذَرَّةُ هِيلْيوم عَادِىٍّ تَحتَوِى عَلَى بُرُوتُونَيْنِ وَنُيُوتْرُونَيْن .

# إِلَى مَتَى يُتوقَّعُ أَنْ تَستَمِرَّ الشَّمْسُ مُضِيئَةً ؟

اَلشَّمْسُ نَجْمٌ مُتَوَسِّطُ الْكُتْلَةِ ، وَلَهَا دَوْرَةُ حيَاةٍ مُحَدَّدَةٌ مُنْذُ نَشْأَتِهَا . وَكُلَّمَا زَادتْ كُتْلَةُ النَّجْمِ ، كُلَّمَا كَانَتْ حيَاتُهُ قَصِيرَةً . وَبِزِيادَة كُتْلَةِ النَّجْمِ ، تَزْدادُ جاذِبِيَّتُهُ . وَالْجاذِبِيَّةُ الْعَالِيَةُ فِي لُبِّ نَجْمٍ تُزِيدُ الْحَرارَةَ . وأَكْبَرُ النُّجُومِ كُتْلَةً تَحترِقُ بأَعْلَى حرارَةٍ فِي وَمِيضٍ أَقْصَرَ حَيَاةً . أَمَّا النُّجُومُ الصَّغِيرَةُ مُنْخَفِضَةُ الْكُتْلَةِ فَيَنْدَمِجُ فِيهَا الْهِيدْرُوجِينُ بِبُطْءٍ وَتَعِيشُ لِمَدٍ طَوِيلَةٍ جدًّا . وتَقَعُ الشَّمْسُ بَيْنَ هَذَيْنِ

... سَنَةٍ . تَكُونُ الشَّمْسُ قَدْ دَمَجَتْ مُعْظَمَ ... إِلَى هِيلْيُوم . وَلِتَحْتَفِظَ بِدرجَةِ ... الاندلاعات الداخِلِيَّةَ تَحْرِقُ وَقُودًا ... الشَّمْسُ إِلَى ...

مُنْذُ ٤,٦ بَلَايِين سَنَةٍ . وَصَلَ اللُّبُ إِلَى ١٠ مَلَايِين كيلفن ، فَأَثَارَ الانْدِمَاج النَّوَوِي .

هيدروجين

هيدورجين

هيليوم

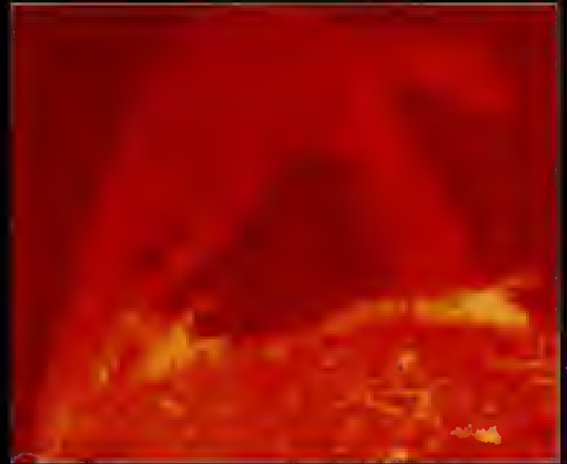
أَلشَّمْسُ الْيَوْمَ . التفاعُلاتُ الإِنْدِمَاجِيَّةُ المُنْتَظِمَةُ سَتُسخنُ اللُّبَّ لِخَمْسَةِ بَلَايين سَنَةٍ أُخْرى .

هيدورجين

هيليوم

هيدورجين

هيليوم



نُتُوءَاتٌ شَمْسِيَّةٌ . الاضْطِرَابَاتُ المَغَناطِيسِيَّةُ يُمكِنُهَا أَنْ تَنْفُثَ الْغَازَاتِ آلَافَ الْأَمْيَالِ فِي الْفَضَاءِ . وَلأَنَّ الْغَازَاتِ فِي النُّتُوءَاتِ تَتَقَوَّسُ مِنْ أَعْلَى وَتَسقُطُ إِلَى السَّطْحِ . فَهُوَ يَتْبَعُ الْمَسَارَ الْمُقَوَّسَ لِخُطُوطِ الْمَجَالِ الْمَغَناطِيسِيِّ .

تُعْتَبَرُ الشَّمْسُ الْآنَ فِي مُنْتَصَفِ عُمْرِهَا ، وَلِذَلِكَ يُتَوَقَّعُ أَنْ تَسْتَمِرَّ مُضِيئَةً بِنَفْسِ الْقُوَّةِ لِخَمْسَةِ بَلَايِينَ سَنَةٍ أُخْرَى . وَقَدْ تَكَوَّنَت الشَّمْسُ عِنْدَمَا تَجَمَّعتْ سَحَابَةٌ ضَخْمَةٌ مِن الْغَازَاتِ ـــ ٧٥٪ مِنْهَا هيدْرُوجِينٌ ، ٢٥٪ هِيلْيوم ـــ إِلَى كُرَةٍ سَاخِنَةٍ كَثِيفَةٍ . وَبَعْدَ ١٠ مَلَايِينَ سَنَةٍ بَدَأَ انْدِمَاجُ الْهِيدْرُوجِينِ فِي مَرْكَزِهَا . وَأَصْبَحَت السَّحَابَةُ الْغَازِيَّةُ نَجْمًا . وَالْيَوْمَ ، بَعْدَ ٤,٦ بَلايِين سَنَةٍ مِنْ إِضَاءَتِهَا الْمُنْتَظِمَةِ فَإِنَّ حَوَالَي نِصْفِ مَا فِي اللُّبِّ مِنْ هيدْرُوجِين قَدْ تَحوَّلَ إِلَى هِيلْيُوم . وَهَذَا قَدْ غَيَّرَ التَّرْكِيبَ الْعَامَّ لِلشَّمْسِ . وَلكِنْ عِنْدَمَا يَنْفَدُ الْهِيدْرُوجِين ، تَشِيخُ الشَّمْسُ ، وَتَبْدَأُ بِهَا بَعْضُ التَّغَيُّرَاتِ السَّرِيعةِ . فَبَيْنَمَا يَبْدَأُ اللُّبُّ فِي التَّجَمُّعِ ، تَتَمَدَّدُ الشَّمْسُ إِلَى مِائَةِ مَرَّةٍ مِثْلَ حَجْمِهَا الْحَالِيِّ . وَتُسَمَّى مَرْحَلَةَ الْعِمْلَاقِ الْأَحْمَرِ ، فَتَبْتَلِعُ عُطَارِدَ وَالزُّهَرَةَ ، وَتُدَمِّرُ الْحَيَاةَ عَلَى الْأَرْضِ . ثُمَّ يَنْدَمِجُ الْهِيلْيُوم فِي اللُّبِّ بِطَرِيقَةٍ مُتَفَجِّرَةٍ ، وَتَتَقَلَّصُ الشَّمْسُ إِلَى رَمَادٍ مُحْتَرِقٍ أَوْ قَزَمٍ أَبْيَضَ فِي حَجْمِ الْأَرْضِ . وَخِلَالَ عِدَّة مَلَايِينَ من السَّنَوَاتِ سَيَبْرُدُ الْقَزَمُ الْأَبْيَضُ إِلَى قَزَمٍ أَحْمَرَ مُعْتِمٍ ثُمَّ قَزَمٍ أَسْوَدَ غَيْرِ مُضِيءٍ مُتَجَمِّدٍ .



٤٦

■ تَارِيخُ حَيَاةِ الشَّمْسِ

قُسِّمَ الزَّمنُ مِن مِيلَادِ الشَّمْسِ حَتَّى الْآنَ إلى ١٢ «شَهْرًا» (أسفل). وخلال ١٢ «شهرا» أخرى ، سَتَسْتَنْفِدُ الْأَرْضُ كُلَّ الْهِيدْرُوجِين فِي لُبِّهَا ، وَتَبْدأُ الْمَوْتَ .




بَعْدَ ٧ بَلَايِينَ سَنَةٍ مِن الْآنَ . تَخْمَدُ نِيرَانُ النَّوَاةِ . بَعْدَ نَفَادِ مُعْظَمِ الْهِيدْرُوجِين . وَيَتَقَلَّصُ اللُّبُّ بِتَأْثِيرِ وَزْنِـهِ . وَحَرَارَةُ التَّقَلُّصِ تَجْعَلُ الشَّمْسَ تَتَمَدَّدُ إِلَى حَجْمِ عِمْلَاقٍ أَحْمَرَ .

مِنْ عِمْلَاقٍ إِلَى قَزَمٍ . يَنْتَهِي طَوْرُ الْعِمْلَاقِ الْأَحْمَرِ بِنَفَادِ الْهِيدْرُوجِين تَمَامًا . وَيَبْدأُ الْهِيلْيُومُ الْبَاقِي الدِّمَاجًا نَوَوِيًّا مُتَفَجِّرًا يُسَمَّى بَرِيقَ الْهِيلْيُومِ ، وَيُحَطِّمُ الطَّبَقَاتِ الْخَارِجِيَّةَ لِلشَّمْسِ .

قَزَمٌ أَبْيَضُ . وَبِزَوَالِ الطَّبَقَاتِ الخارِجيَّةِ . وَتَبْقَى اللُّبُّ الْهَائِلُ الْكَثَافَةِ فَقَطْ . تُصْبِحُ الشَّمْسُ قَزَمًا أَبْيَضَ .

بَرَدَ الْقَزَمُ وَأَصْبَحَ أَحْمَرَ . وَهُوَ الْآنَ عَلَى وَشْكِ أَنْ يُصْبِحَ قَزَمًا أَسْوَدَ مُتَجَمِّدًا .

# كَيْفَ تُؤَثِّرُ الشَّمْسُ عَلَى الأَرْضِ؟

رَغْمَ أَنَّ مَا يَصِلُ لِلأَرْضِ مِن الإِشعاعِ الشَّمْسِيِّ هُوَ نِسبَةٌ ضَئِيلَةٌ جِدًّا ، فَإِنَّ الشَّمْسَ تُؤَثِّرُ عَلَى جَمِيعِ مَظَاهِرِ الحَيَاةِ عَلَى الأَرْضِ . وَمُتَوَسِّطُ مَايَسقُطُ عَلَى القَدَمِ المرَبَّعِ مِن الغِلافِ الجَوِّى الخَارِجىِّ فِى الثَّانِيَةِ هُوَ ١٢٣ وات ، وَهُوَ مَايَزِيدُ قَلِيلًا عَلَى طَاقَةِ مِصبَاحٍ مُتَوَهِّجٍ . وَمَجْمُوعُ مَا يَسقُطُ عَلَى الأَرْضِ فِى الثَّانِيَةِ يُعَادِلُ الطَّاقَةَ النَّاتِجَةَ عَن احتِرَاقِ ٧ مَلَايِينَ طِنٍّ مِن الفَحمِ فِى الثَّانِيَةِ . وَالطَّاقَةُ الشَّمْسِيَّةُ هِىَ القُوَّةُ المُوَلِّدَةُ المُؤَثِّرَةُ علَى الطَّقسِ وَالهَوَاءِ وَدَوْرَةِ المَاءِ وَجَمِيعِ أَنوَاعِ الحَيَاةِ عَلَى الأَرضِ . وَقَدْ لَا يُلَاحَظُ النَّشَاطُ الشَّمْسِىُّ المَوسِمِىُّ الخَاطِفُ ، وَأَلْسِنَتُهُ وَرِيَاحُهُ الشَّمْسِيَّةُ ، الَّتِى تُعَوِّقُ الاتِّصَالَاتِ وَالكَهرَبَاءَ وَتُحدِثُ الشَّفَقَ القُطبِىَّ المُبهِرَ ، عِندَمَا تَدخُلُ جَوَّ الأَرضِ دَقَائِقُ مَشحُونَةٌ كَهرَبِيًّا .



أَوْرَاقٌ تَسْتَحِمُّ فِى ضَوْءِ الشَّمْسِ وَتُنْتِجُ كَرْبُوهِيْدرَاتٍ بِالتَّمْثِيلِ الضَّوْئِىِّ .

رِيَاحٌ شَمسِيَّةٌ — أَشِعَّةُ جَامَا — أَشِعَّةُ إِكْس — فَوقَ بَنفسَجِيَّةٍ — ضَوْءٌ مَرئِىٌّ — تَحتَ حَمرَاءَ — مَوجَاتُ الرَّادِيُو

امتَصَّهَا الجَوُّ

تَسَاقُطٌ

تَبَخُّرٌ

أَنهَارٌ وَبُحَيرَاتٌ

## دَوْرَةُ الهَوَاءِ

عِنْدَمَا تُسَخِّنُ الشَّمْسُ سَطْحَ الأَرْضِ ، فَإِنَّ الحَرَارَةَ تَنعَكِسُ إِلَى الجَوِّ فَتَنْتُجُ تَيَّارَاتٌ هَوَائِيَّةٌ صَاعِدَةٌ تُحدِثُ دَوْرَةَ الهَوَاءِ .

## تَشْوِيشٌ لَاسِلْكِىٌّ

تَخْتَرِقُ الرِّيَاحُ الشَّمْسِيَّةُ جَوَّ الأَرْضِ ، فَتُحْدِثُ اضطِرَابًا فِى أَنظِمَةِ القُدْرَةِ وَالاتِّصَالَاتِ .

## تَوْزِيعُ الطَّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ






وَمِيضُ شَفَقٍ قُطْبِيٍّ فَوْقَ النَّرْوِيجِ يُوضِّحُ تَدَاخُلَ الرِّيَاحِ الشَّمْسِيَّةِ عِنْدَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ .

لَا يَصِلُ ضَوْءُ الشَّمْسِ إِلَى الْأَرْضِ بِالتَّسَاوِى (الخريطة أعلى) وَالْمَنَاطِقُ الَّتِى تَسْتَقْبِلُ مُعْظَمَ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ (أرجوانى قاتم)، هِيَ الْمِسَاحَاتُ شَمَالِيَّ خَطِّ الِاسْتِوَاءِ مُبَاشَرَةً ، حَيْثُ يَعْمَلُ الضَّغْطُ الْعَالِي عَلَى إِنْقَاصِ الْغِطَاءِ السَّحَابِيِّ . وَيَتَضَاءَلُ ضَوْءُ الشَّمْسِ قُرْبَ الْقُطْبَيْنِ .




### انْسِيَابُ الطَّاقَةِ الشَّمْسِيَّةِ

يُحِسُّ الْغِلَافُ الْجَوِّيُّ الْخَارِجِيُّ الرَّقِيقُ لِلْأَرْضِ بِالسِّلْسِلَةِ الْكَامِلَةِ لِلْمَوْجَاتِ الشَّمْسِيَّةِ مِنْ أَشِعَّةِ جَامَا حَتَّى مَوْجَاتِ اللَّاسِلْكِيِّ . وَأَشِعَّةُ جَامَا وَإِكْس الْعَالِيَةُ الطَّاقَةِ تَصْطَدِمُ بِالذَّرَّاتِ وَتَفْقِدُ طَاقَتَهَا عِنْدَ طَبَقَةٍ جَوِّيَّةٍ عَلَى ارْتِفَاعِ ٥٠ مِيلًا . وَعَلَى ارْتِفَاعِ ٣٠ مِيلًا تَصْطَدِمُ بِجُزَيْئَاتِ الْأُوزُون الْأَشِعَّةُ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ قَصِيرَةُ الْمَوْجَةِ وَالْخَطِرَةُ عَلَى الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ . وَتُمْتَصُّ وَيَتَبَعْثَرُ بَاقِي الضَّوْءِ بِوَاسِطَةِ السُّحُبِ وَالْغُبَارِ وَمُلَوِّثَاتِ الْهَوَاءِ ، وَتَتَلَوَّنُ السَّمَاءُ بِاللَّوْنِ الْأَزْرَقِ . وَلَا يَصِلُ إِلَى السَّطْحِ إِلَّا ضَوْءُ الطَّيْفِ الْمَرْئِيِّ وَبَعْضُ الْأَشِعَّةِ تَحْتَ الْحَمْرَاءِ وَمَوْجَاتُ اللَّاسِلْكِي ، وَنِسْبَةٌ ضَئِيلَةٌ جِدًّا مِن أَطْوَلِ مَوْجَاتِ الْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ .

### دَوْرَةُ الْمَاءِ

يَسْخُنُ الْمَاءُ السَّطْحِيُّ عَلَى الْأَرْضِ بِوَاسِطَةِ الشَّمْسِ ، فَيَتَبَخَّرُ وَيَرْتَفِعُ مَعَ الْهَوَاءِ . وَعِنْدَمَا تَبْرُدُ السُّحُبُ ، تَسْقُطُ الرُّطُوبَةُ عَلَى شَكْلِ مَطَرٍ .

### أَعْضَاءُ التَّمْثِيلِ الضَّوْئِيِّ

تَسْتَخْدِمُ النَّبَاتَاتُ وَالْفِطْرِيَّاتُ وَبَعْضُ الْبَكْتِرِيَا ، الطَّاقَةَ الشَّمْسِيَّةَ لِتُحَوِّلَ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ وَالْمَاءَ إِلَى جُزَيْئَاتِ سُكَّرٍ ، لِتَبْدَأَ سِلْسِلَةً غِذَائِيَّةً تُؤَدِّي إِلَى جَمِيعِ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ .

### تَيَّارَاتُ الْمُحِيطِ

تَتِمُّ دَوْرَةُ مَاءِ الْبَحْرِ مِن الْمَنَاطِقِ الِاسْتِوَائِيَّةِ الدَّافِئَةِ إِلَى الْمَنَاطِقِ الْقُطْبِيَّةِ الْبَارِدَةِ .

يَعُودُ الْمَاءُ إِلَى الْمُحِيطِ

تُغَطِّي النَّبَاتَاتُ أَجْزَاءً كَثِيرَةً مِن الْيَابِسَةِ .

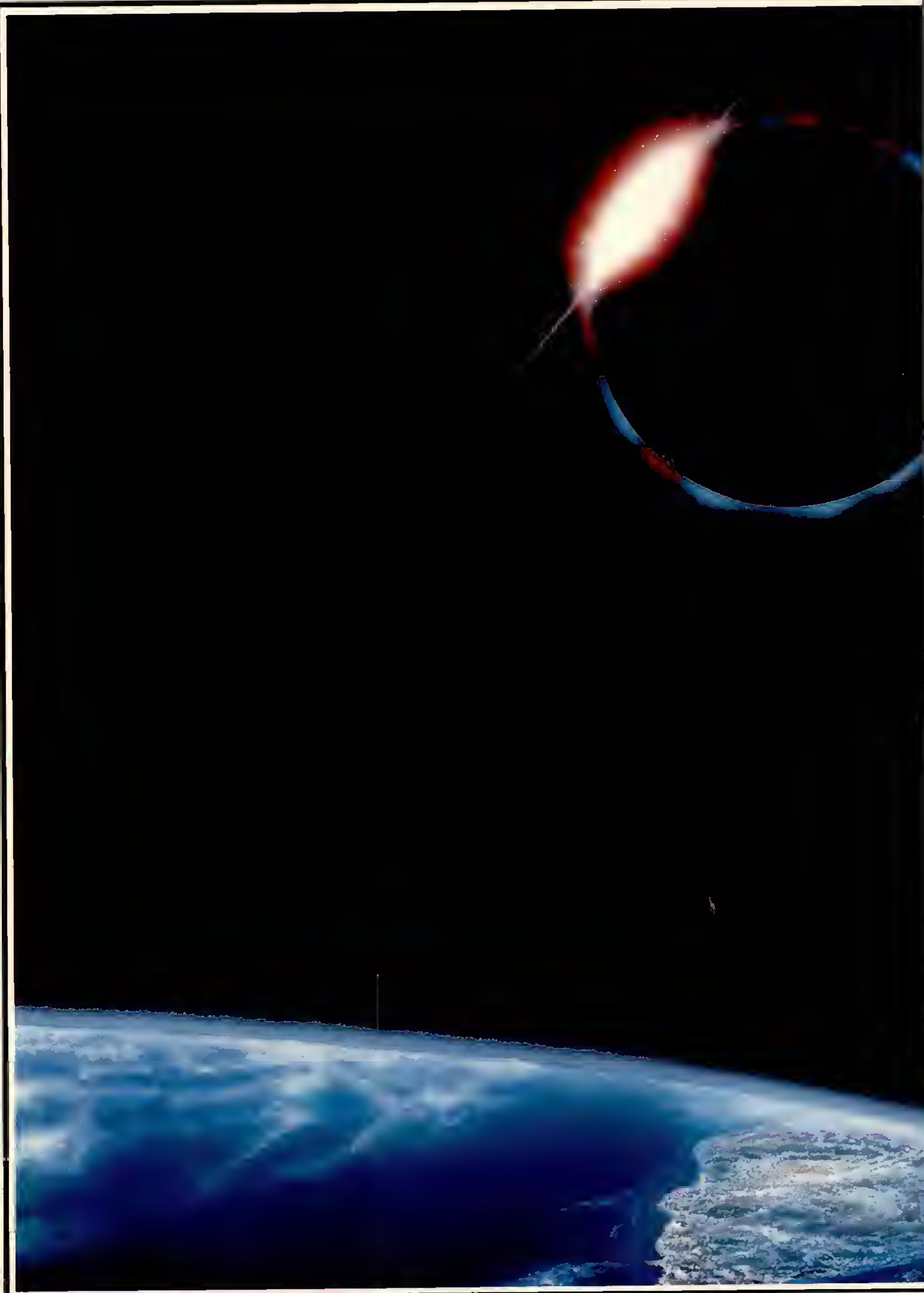
# 3 حَرَكَةُ الْأَرْضِ

عِنْدَمَا وَقَفَ الْإِنْسَانُ عَلَى الْقَمَرِ عَامَ ١٩٦٩ ، رَأَى لِأَوَّلِ مَرَّةٍ كَوْكَبَ الْأَرْضِ كَكُرَةٍ لَامِعَةٍ بَيْضَاءَ بِزُرْقَةٍ تَدُورُ حَوْلَ نَفْسِهَا فِي الْفَضَاءِ . وَبَعْدَ أَنْ نَجَحَ رُوَّادُ الْفَضَاءِ فِي قِيَادَةِ سُفُنِ الْفَضَاءِ بِاسْتِخْدَامِ حِسَابَاتِ الْحَرَكَاتِ الْكَوْكَبِيَّةِ ، تَوَقَّفَ تَسَاؤُلُهُمْ عَنْ دَوَرَانِ الْأَرْضِ حَوْلَ مِحْوَرِهَا ، وَدَوَرَانِ الْقَمَرِ حَوْلَ الْأَرْضِ ، وَدَوَرَانِهِمَا مَعًا حَوْلَ الشَّمْسِ إِلَى مَا لَا نِهَايَةَ .

وَلَمْ تَكُنْ هَذِهِ الْحَرَكَاتُ وَاضِحَةً لِلْمُفَكِّرِينَ فِي الْأَيَّامِ السَّابِقَةِ . وَتَظْهَرُ الشَّمْسُ لِلْمُرَاقِبِ الْعَادِيِّ أَنَّهَا تُشْرِقُ فِي الشَّرْقِ وَتَغْرُبُ فِي الْغَرْبِ . وَالنُّجُومُ أَيْضًا ، تُشْرِقُ وَتَغْرُبُ كُلَّ لَيْلَةٍ . وَكَانَ الْقُدَمَاءُ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الْكَوْنَ يَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ السَّاكِنَةِ . وَبِالتَّدْرِيجِ عَلَى مَدَارِ الْقُرُونِ تَمَكَّنَ الْفَلَكِيُّونَ مِنْ تَغْيِيرِ رَأْيِ الْجَمَاهِيرِ ، بِمُرَاقَبَتِهِمْ الدَّقِيقَةِ وَنَظَرِيَّاتِهِمُ الْجَرِيئَةِ . وَقَدْ أَوْضَحَ الْعُلَمَاءُ مِثْلَ نِيقُولَاس كُوبَرْنِيكس وَجَانَ بِرْنَارَدلِيُون فوكولت وفردريك بيسل أَنَّ الْأَرْضَ تَدُورُ حَوْلَ الشَّمْسِ مَائِلَةً عَلَى مِحْوَرِهَا ، وَتَدُورُ حَوْلَ نَفْسِهَا أَثْنَاءَ حَرَكَتِهَا .

وَاعْتَمَدَ الْفَلَكِيُّونَ لِشَرْحِ هَذِهِ الْحَرَكَةِ عَلَى الْكُرَةِ السَّمَاوِيَّةِ ، وَهُوَ نِظَامٌ لِرَسْمِ خَرَائِطِ الْفَضَاءِ حَوْلَ الْأَرْضِ . وَتُوجَدُ الْأَرْضُ فِي مَرْكَزِ هَذِهِ الْكُرَةِ الْوَهْمِيَّةِ ، وَيَمْتَدُّ خَطُّ الِاسْتِوَاءِ الْأَرْضِيُّ إِلَى الْفَضَاءِ لِيُصْبِحَ خَطَّ الِاسْتِوَاءِ السَّمَاوِيَّ ، كَمَا تَتَقَاطَعُ خُطُوطُ الطُّولِ وَالْعَرْضِ مَعَ الْكُرَةِ السَّمَاوِيَّةِ كَمَا تَفْعَلُ مَعَ الْكُرَةِ الْأَرْضِيَّةِ . وَيُمْكِنُ رَسْمُ الْكَوْكَبَاتِ وَالنُّجُومِ عَلَى هَذِهِ الشَّبَكَةِ الْوَهْمِيَّةِ ، وَكَذَلِكَ الْحَرَكَاتُ النِّسْبِيَّةُ لِلشَّمْسِ وَالْقَمَرِ وَالْأَرْضِ . وَكَذَلِكَ ظَاهِرَةُ الْكُسُوفِ وَالْخُسُوفِ الْمَلِيئَةُ بِالْأَسْرَارِ الْكَوْنِيَّةِ . فَسُبْحَانَ اللهِ خَالِقِ كُلِّ شَيْءٍ بِقَدَرٍ .

كُسُوفٌ لِلشَّمْسِ بِوَاسِطَةِ قُرْصِ الْقَمَرِ ، يُظْهِرُ هَالَةَ الشَّمْسِ مِنَ الْغَازَاتِ السَّاخِنَةِ . وَيَحْدُثُ الْكُسُوفُ لِلشَّمْسِ مِنْ مَرَّةٍ إِلَى أَرْبَعِ مَرَّاتٍ سَنَوِيًّا ، وَكُلُّ كُسُوفٍ لَا نُشَاهِدُ إِلَّا مِنْ مِنْطَقَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ الْأَرْضِ .



# كَيْفَ نَعْرِفُ أَنَّ الأَرْضَ تَدُورُ؟

حَتَّى الْقَرْنِ السَّادِسَ عَشَرَ ، كَانَ النَّاسُ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الشَّمْسَ تَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ . وَلَكِنْ فِي عَامِ ١٥٤٣ أَعْلَنَ الْفَلَكِيُّ الْبُولَنْدِيُّ نِيكُولَاس كُوبَرْنِيكس نَظَرِيَّتَهُ الْمتَطَرِّفَةَ الَّتِي تُبَيِّنُ أَنَّ الْأَرْض تَدُورُ حَوْلَ الشَّمْسِ ، كَمَا تَدُورُ حَوْلَ نَفْسِهَا لِتُحْدِثَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ .

وَكَانَ مِن الصَّعْبِ إِثْبَاتُ دَوَرَانِ الْأَرْضِ . وَفِي عَامِ ١٨٥١ عَلَّقَ الْفِيزْيَائِيُّ الْفَرَنْسِيُّ جَانَ برنارد ليون فوكولت كُرَةً حَدِيدِيَّةً ثَقِيلَةً فِي نِهَايَةِ سِلْكٍ مِنْ سَقْفٍ مُرْتَفِع . وَكَانَ يُعْرَفُ أَنَّ الْأَرْضَ إِذَا كَانَتْ لَا تَدُورُ ، فَإِنَّ الْبَنْدُولَ سَيَتَذَبْذَبُ ذَهَابًا وَإِيَابًا فَوْقَ خطٍّ وَاحِدٍ . وَلَكِنَّهَا إِذَا كَانَتْ تَدُورُ ، فَإِنَّ مَسَارَ الْبَنْدُولِ سَيَتَغَيَّرُ . وَهَذَا هُوَ مَاحَدثَ . فَقَدْ دَارَت الْأَرْضُ تَحْتَ الْبَنْدُولِ الْحُرِّ الْحَرَكَةِ ( الصفحة المقابلة ) .

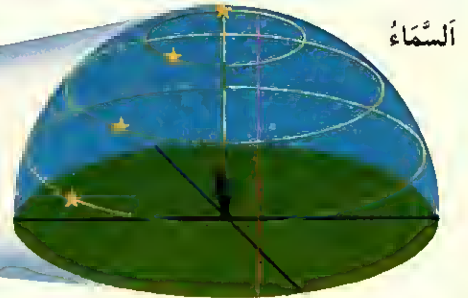


لِأَنَّ الْأَرْضَ تَدُورُ ، فَإِنَّ النُّجومَ فِي السَّمَاءِ الشَّمَالِيَّةِ تَظْهَرُ كَأَنَّهَا تَدُورُ حَوْلَ النَّجْمِ الْقُطْبِيِّ .

بَنْدُولٌ عِنْدَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ

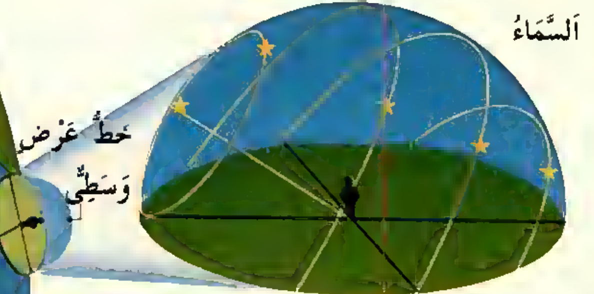
**النُّجُومُ الْمُتَحَرِّكَةُ**

تَظْهَرُ النُّجُومُ مُتَحَرِّكَةً فِي السَّمَاءِ مِثْلَ الشَّمْسِ ، تَرْتَفِعُ مِن الشَّرْقِ وَتَهْبِطُ فِي الْغَرْبِ . وَلَكِنَّ هَذِهِ الْأَقْوَاسَ النَّجْمِيَّةَ هِيَ نَتِيجَةُ دَوَرَانِ الْأَرْضِ تَحْتَ سَمَاءٍ غَيْرِ مُتَغَيِّرَةٍ نِسْبِيًّا .




عِنْدَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ ، تَبْدُو النُّجُومُ مُتَحَرِّكَةً ضِدَّ عَقْرَبِي السَّاعَةِ فِي دَوَائِرَ مَرْكَزُهَا النَّجْمُ الْقُطْبِيُّ .

خطُّ عَرْضٍ وَسَطِيٌّ




عِنْدَ خُطُوطِ الْعَرْضِ الْوُسْطَى ، تَظْهَرُ مُعْظَمُ النُّجُومِ كَأَنَّهَا تَرْتَفِعُ مِن الشَّرْقِ ، وَتَهْبِطُ فِي الْغَرْبِ . وَنُجُومٌ قَلِيلَةٌ فَقَطْ تَظْهَرُ دَائِرَةً حَوْلَ الْقُطْبِ .

خطُّ الِاسْتِوَاءِ




قُرْبَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ ، تَظْهَرُ جَمِيعُ النُّجُومِ كَأَنَّهَا تُشْرِقُ وَتَغْرُبُ . وَتَبْدُو كَأَنَّهَا تَتْبَعُ مَسَارًا عَمُودِيًّا عَلَى الْأُفُقِ .

## قُوَّةُ كُورْيُولِيس عَلَى الْأَرْضِ



تَدْفَعُ قُوَّةُ كُورْيُولِيس الْأَعَاصِيرَ الْحَلَزُونِيَّةَ مِنْ خَطِّ الِاسْتِوَاءِ نَحوَ الْيَمِينِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِيِّ وَنَحْوَ الْيَسَارِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيِّ .



قُرْصٌ سَاكِنٌ





قُرْصٌ دَوَّارٌ

## قُوَّةُ كُورْيُولِيس

إِذَا حَاوَلْتَ دَحْرَجَةَ الْكُرَةِ عَلَى الْقُرْصِ الدَّوَّامِ وَهُوَ سَاكِنٌ ، فَإِنَّكَ قَدْ تُصِيبُ الْهَدَفَ الثَّابِتَ . وَلَكِنْ عِنْدَمَا يَدُورُ الْقُرْصُ ، سَتُوَاجِهُ صُعُوبَةً فِي إِصَابَةِ الْهَدَفِ . فَعِنْدَمَا تَتْرُكُ الْكُرَةَ ، يَكُونُ الْهَدَفُ الثَّابِتُ قَدْ تَحرَّكَ إِلَى الْيَسَارِ مَعَ دَوَرَانِ الْقُرْصِ . وَتَظْهَرُ كُرَتُكَ كَأَنَّهَا مَدْفُوعَةٌ بِقُوَّةٍ نَحْوَ الْيَمِينِ . وَيُسَمِّي الْعُلَمَاءُ هَذِهِ الْقُوَّةَ الظَّاهِرِيَّةَ بِقُوَّةِ كُورْيُولِيس .

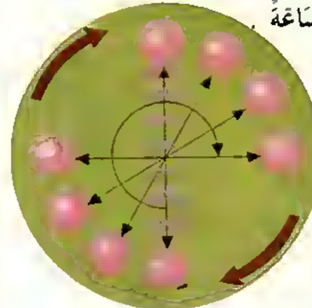
## بَنْدُولُ فُوكُولت





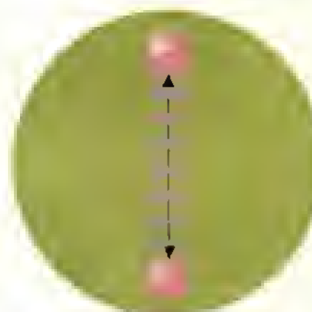
بَنْدُولٌ فِي خُطُوطِ الْعَرْضِ الْوَسَطِيَّةِ

بَنْدُولٌ عِنْدَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ





بَنْدُولٌ عِنْدَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ يَتَذَبْذَبُ فِي اتِّجَاهِ عَقْرَبِي السَّاعَةِ دَوْرَةً كُلَّ ٢٤ سَاعَةً

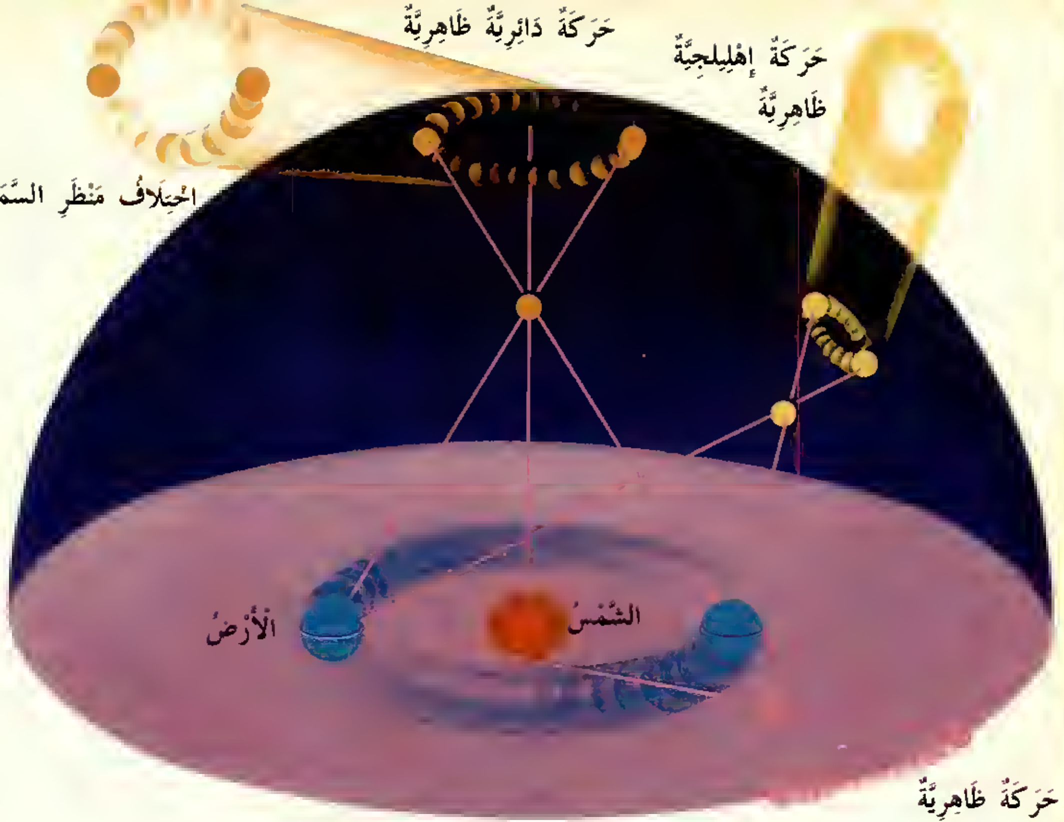


الْبَنْدُولُ عِنْدَ خطِّ عَرْضٍ بَيْنَ الْقُطْبِ وَالِاسْتِوَاءِ ، يُكْمِلُ دَوْرَةً مَرَّةً كُلَّ ٣٠ سَاعَةً .

الْبَنْدُولُ عِنْدَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ ، يَتَذَبْذَبُ ذَهَابًا وَإِيَابًا عَلَى نَفْسِ الْخطِّ .

لِيُثْبِتَ أَنَّ الْأَرْضَ تَدُورُ ، صَنَعَ فُوكُولت جِهَازًا يَتَحَرَّكُ مُسْتَقِلًّا عَنِ الْأَرْضِ . هُوَ كُرَةٌ تَزِنُ ٦٢ رِطْلَ حَدِيدٍ عَلَّقَهَا مِنْ خَارِجِ سَقْفٍ ارْتِفَاعُهُ ٢٢٠ قَدَمًا بِمَبْنًى فِي بَارِيس . وَبِالتَّثْبِيتِ الْمُنَاسِبِ جَعَلَ السِّلْكَ يَتَذَبْذَبُ بِحُرِّيَّةٍ . وَوَضَعَ عَلَى الْأَرْضِ تَحْتَ الثِّقَلِ إِنَاءً بِهِ رَمْلٌ . وَعِنْدَمَا حَرَّكَ الْبَنْدُولَ ، رَسَمَتْ إِبْرَةٌ فِي الثِّقَلِ خَطًّا عَلَى الرَّمْلِ . وَكُلَّ سَاعَةٍ ، كَانَ يَجِدُ أَنَّ الْخطَّ قَدْ غَيَّرَ اتِّجَاهَهُ قَلِيلًا ، وَأَخِيرًا عَادَتِ الْإِبْرَةُ إِلَى الْمَسَارِ الْأَصْلِيِّ . وَيَتَذَبْذَبُ الْبَنْدُولُ فِي نَفْسِ الْخطِّ ، وَلَكِنَّ الْأَرْضَ وَالْمَبْنَى الْمُتَّصِلَ بِالْأَرْضِ دَارَتْ تَحْتَ الْبَنْدُولِ . وَلَوِ اسْتَطَاعَ فُوكُولت أَنْ يَرْكَبَ الْبَنْدُولَ ، لَرَأَى الْحَرَكَةَ الدَّوَرَانِيَّةَ الْبَطِيئَةَ حَوْلَهُ .

# مَا هُوَ

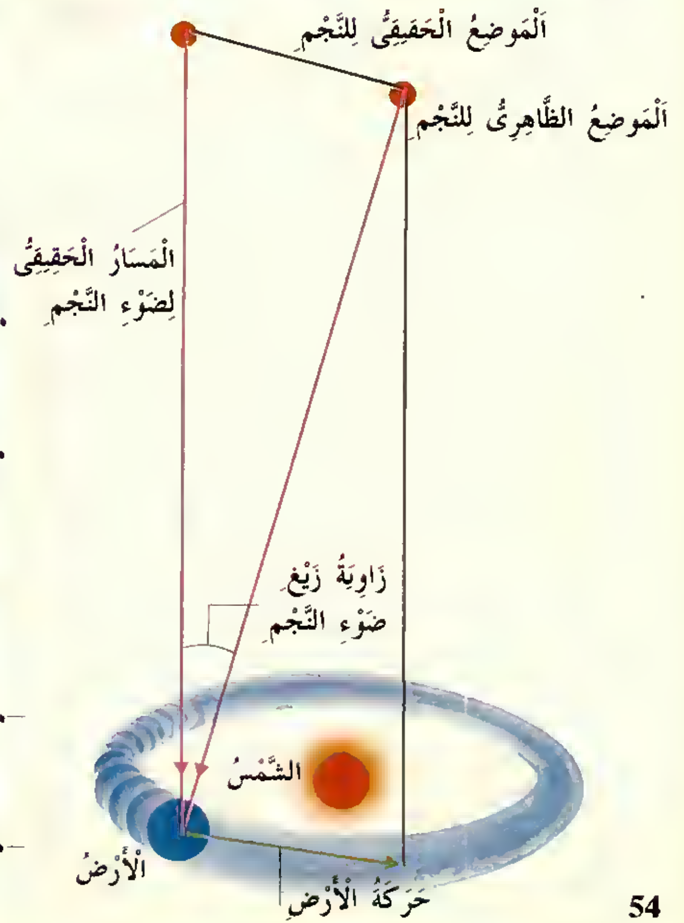


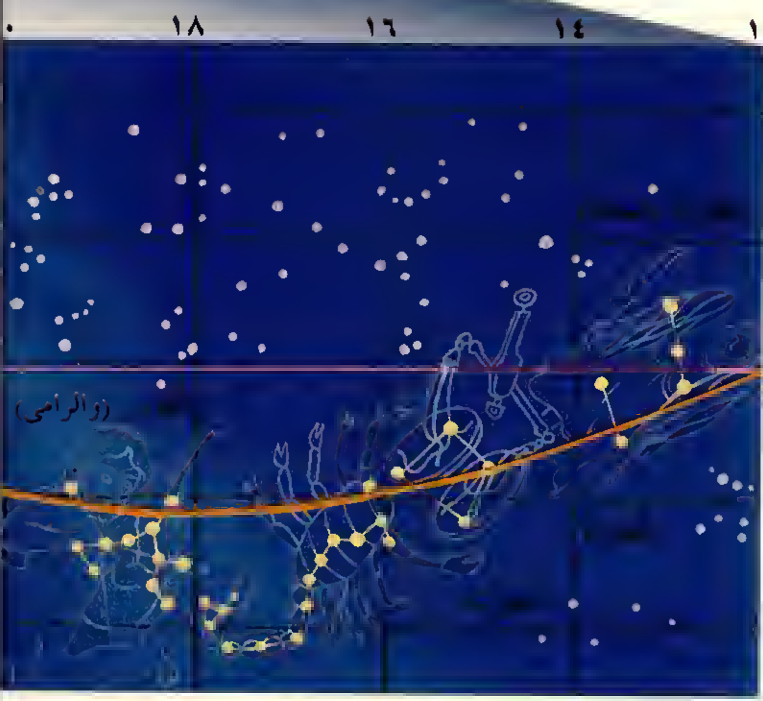

**اخْتِلَافُ مَنْظَرِ السَّمَاءِ** بَيْنَمَا تَتَحَرَّكُ الْأَرْضُ فِي الْفَضَاءِ ، فَإِنَّ مَوَاضِعَ النُّجُومِ الْقَرِيبَةِ تَبْدُو مُتَغَيِّرَةً بِالنِّسْبَةِ لِلنُّجُومِ الْخَلْفِيَّةِ الْبَعِيدَةِ . وَيُسَمَّى هَذَا التَّأْثِيرُ ، اخْتِلَافَ الْمَنْظَرِ . وَيَحْدُثُ أَيْضًا إِذَا نَظَرْتَ إِلَى أُصْبُعِكَ وَجِسْمٍ بَعِيدٍ بَيْنَمَا تُحَرِّكُ رَأْسَكَ مِنْ جَانِبٍ إِلَى آخَرَ . وَكُلَّمَا كَانَتِ النَّجْمَةُ أَقْرَبَ لِلْأَرْضِ ، كُلَّمَا كَانَ اخْتِلَافُ الْمَنْظَرِ أَكْبَرَ . وَالنُّجُومُ عَلَى نَفْسِ مُسْتَوَى الدَّوَرَانِ (دائرة البروج) مِثْلُ الْأَرْضِ تَبْدُو مُتَحَرِّكَةً إِلَى الْأَمَامِ وَالْخَلْفِ ، وَالنُّجُومُ الْمُتَعَامِدَةُ مَعَ دَائِرَةِ الْبُرُوجِ تَبْدُو مُتَحَرِّكَةً فِي دَائِرَةٍ ، أَمَّا النُّجُومُ الَّتِي بَيْنَهُمَا فَتَبْدُو مُتَحَرِّكَةً فِي مَدَارٍ بَيْضِيٍّ .






بَيْنَمَا تَتَحَرَّكُ الْأَرْضُ فِي الْفَضَاءِ ، فَإِنَّ كَوْكَبَةَ الْجَبَّارِ تَبْدُو مُتَحَرِّكَةً بِبُطْءٍ شَدِيدٍ فِي السَّمَاءِ ، مُغَيِّرَةً مَوْضِعَهَا مِنْ شَهْرٍ لِآخَرَ .



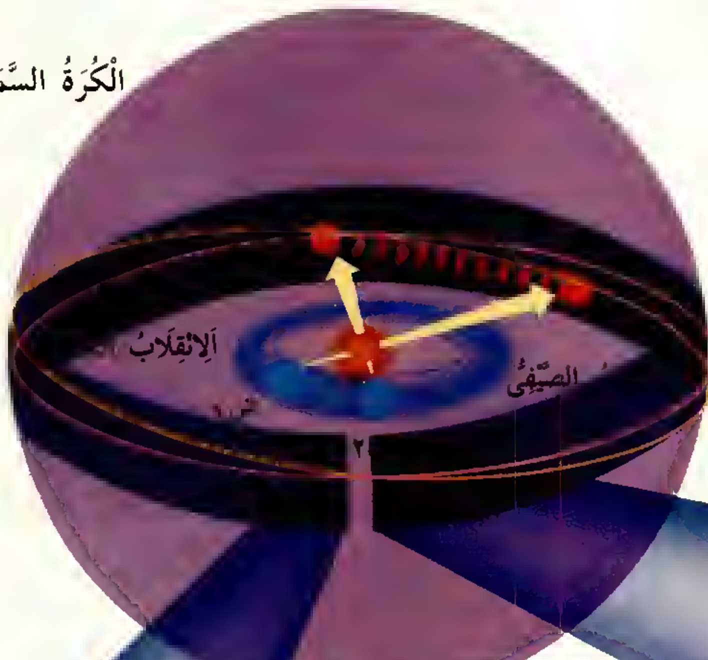
# مَدَارُ الأَرْضِ ؟

لَاحَظَ الْفَلَكِيُّونَ الْقُدَمَاءُ أَنَّ النُّجُومَ وَالْكَوَاكِبَ الَّتِى تَظْهَرُ لَيْلًا فِى سَمَاءِ الْأَرْضِ تَخْتَلِفُ طُولَ الْعَامِ . وَظَنُّوا أَنَّ ذَلِكَ بِسَبَبِ أَنَّ النُّجُومَ تَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ ، مِثْلَ الشَّمْسِ . وَبَعْدَ كُوبَرْنِيكس ، عِنْدَمَا بَدَأَ الشَّكُّ فِى نَظَرِيَّتِهِ ، لَمْ يَتَمَكَّنْ أَحَدٌ مِنْ إِثْبَاتِ أَنَّ الْأَرْضَ نَفْسَهَا تَتَحَرَّكُ .

وَفِى عَامِ ١٨٣٨ اسْتَخْدَمَ الْفَلَكِيُّ الْأَلْمَانِيُّ فِرِيدْرِيك بِيسِيل تِلِسْكُوبًا ، وَبَيَّنَ أَنَّ بَعْضَ النُّجُومِ تَغَيِّرُ مَوْضِعُهَا بِالنِّسْبَةِ لِنُجُومٍ أُخْرَى . وَأَثْبَتَ هَذَا أَنَّ هَذِهِ النُّجُومَ أَقْرَبُ مِنَ النُّجُومِ الْأُخْرَى إِلَى الْأَرْضِ ، وَأَنَّ الْأَرْضَ نَفْسَهَا تَدُورُ .

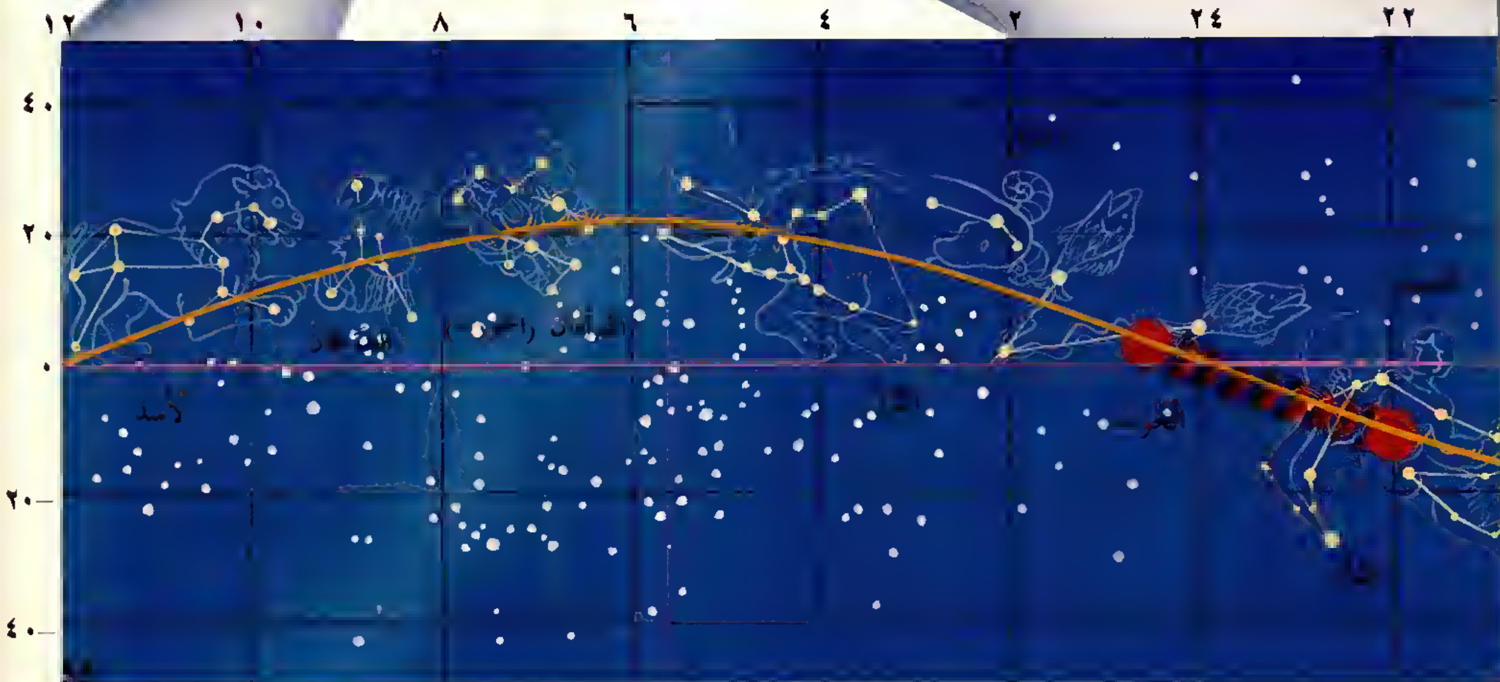
### ضَوْءٌ نَجْمِيٌّ مَائِلٌ

يَسْتَغْرِقُ ضَوْءُ النُّجُومِ وَقْتًا لِيَصِلَ إِلَى الْأَرْضِ ، مِثْلَ الْمَطَرِ السَّاقِطِ عَلَى الْأَرْضِ . وَتَتَحَرَّكُ الْأَرْضُ فِى الْفَضَاءِ بِسُرْعَةِ ٦٥٠٠٠ ميل/ساعة . تَخَيَّلْ قَطَرَاتِ مَطَرٍ سَاقِطَةً خَارِجَ نَافِذَةِ قِطَارٍ ، فَإِذَا كَانَ الْقِطَارُ سَاكِنًا بَدَا الْمَطَرُ سَاقِطًا رَأْسِيًّا لِأَسْفَلَ . أَمَّا إِذَا كَانَ الْقِطَارُ يَنْطَلِقُ بِسُرْعَةٍ إِلَى الْأَمَامِ ، يَبْدُو الْمَطَرُ سَاقِطًا بِمِيلٍ . وَهَكَذَا يَبْدُو ضَوْءُ النُّجُومِ مَائِلًا جِهَةَ الْأَرْضِ حَيْثُ إِنَّ الْأَرْضَ تَتَحَرَّكُ ، وَيُسَمَّى هَذَا التَّأْثِيرُ زَيْغَ ضَوْءِ النُّجُومِ . وَبِسَبَبِ هَذَا التَّأْثِيرِ تَظْهَرُ النُّجُومُ فِى غَيْرِ مَوَاضِعِهَا الْحَقِيقِيَّةِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ . وَقَدِ اكْتَشَفَ الْفَلَكِيُّ الْإِنْجِلِيزِيُّ جيمس برادلى هَذَا الدَّلِيلَ عَلَى حَرَكَةِ الْأَرْضِ عَامَ ١٧٢٨ رَغْمَ عَدَمِ اقْتِنَاعِ بَعْضِ الْفَلَكِيِّينَ بِهَذِهِ الْحَرَكَةِ لِمُدَّةِ ١١٠ سَنَةً بَعْدَ ذَلِكَ .



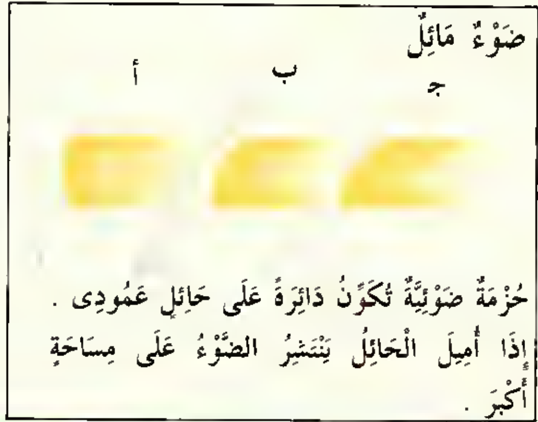

### دَائِرَةُ الْبُرُوجِ

لِأَنَّ الْأَرْضَ تَدُورُ حَوْلَ الشَّمْسِ ، فَإِنَّ خَطَّ الْإِبْصَارِ مِنَ الْأَرْضِ إِلَى الشَّمْسِ يُشِيرُ إِلَى مِنْطَقَةٍ مِنَ السَّمَاءِ تَخْتَلِفُ مِنْ شَهْرٍ لِآخَرَ . وَعِنْدَمَا تَتَحَرَّكُ الْأَرْضُ مِنْ ض١ إِلَى ض٢ فَإِنَّ الشَّمْسَ تَظْهَرُ مُتَحَرِّكَةً مِنْ ش١ إِلَى ش٢. وَلَا يُمْكِنُنَا أَنْ نَرَى النُّجُومَ الْوَاقِعَةَ خَلْفَ الشَّمْسِ السَّاطِعَةِ ، وَلَكِنَّنَا نَرَى النُّجُومَ فِى السَّمَاءِ لَيْلًا فِى الِاتِّجَاهِ الْمُضَادِّ . وَالْكَوْكَبَاتُ الَّتِى نَرَاهَا فِى يُولْيُو تَقَعُ خَلْفَ الشَّمْسِ تَمَامًا فِى دِيسِمْبِر . وَتُوجَدُ ١٢ كَوْكَبَةً تَقَعُ فِى هَذَا الْمُسْتَوَى الظَّاهِرِيِّ لِحَرَكَةِ الشَّمْسِ ، وَالَّذِى يُسَمَّى دَائِرَةَ الْبُرُوجِ (برتقالى يسار ويمين أسفل) ، وهو فى الْحقيقة نفس مستوى دوران الأرض .

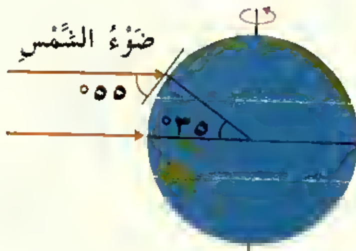


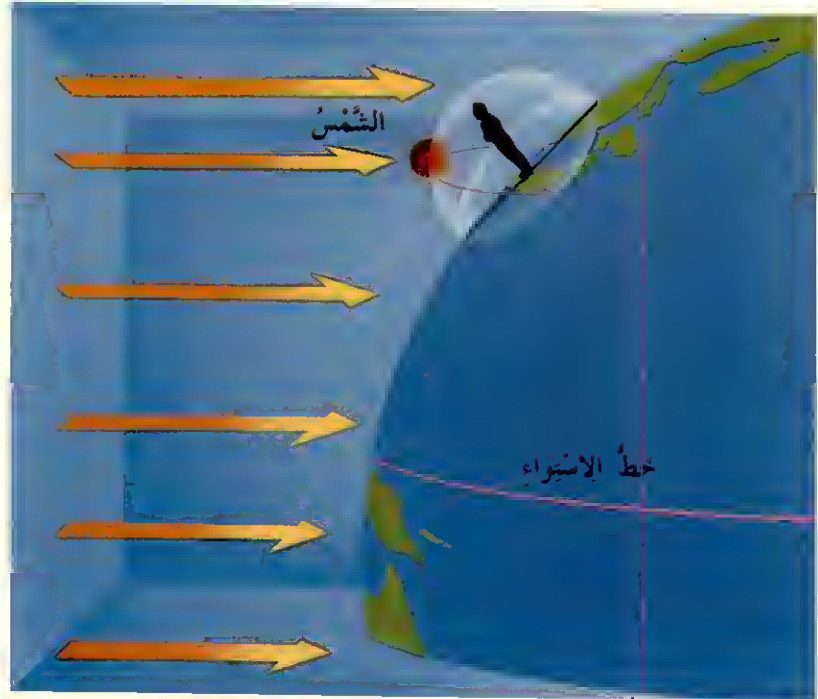
# لِمَاذَا تَحْدُثُ الْفُصُولُ؟

لَوْ لَمْ تَدُرِ الْأَرْضُ حَوْلَ مِحْوَرِهَا ، لَما كَانَ هُنَاكَ فُصُولٌ . وَكَانَ كُلُّ يَوْمٍ يُصْبِحُ ١٢ سَاعَةَ نَهَارٍ ، ١٢ سَاعَةَ لَيْلٍ . وَلِأَنَّ مِحْوَرَ الْأَرْضِ يَمِيلُ عَلَى مَدَارِ الْأَرْضِ حَوْلَ الشَّمْسِ ، يَكُونُ نَهَارُ الصَّيْفِ طَوِيلًا ، وَالشِّتَاءِ قَصِيرًا . وَبَيْنَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ وَمَدَارِ الْأَرْضِ زَاوِيَةُ ٢٣,٤٥° ، وَهَذَا يَجْعَلُ كُلًّا مِنْ نِصْفَى الْكُرَةِ الْأَرْضِيَّةِ مَائِلًا نَحوَ الشَّمْسِ جُزْءًا مِن السَّنَةِ . وَعِنْدَمَا يُشِيرُ الْقُطْبُ الشَّمَالِيُّ نَحْوَ الشَّمْسِ ، يُغْمَرُ نِصفُ الْكُرَةِ الشَّمَالِيِّ فِي صَيْفٍ دَافِئٍ . وَبَعْدَ سِتَّةِ شُهُورٍ تَقْطَعُ فِيهَا الْأَرْضُ نِصفَ مَدَارِهَا ، يَتَّجِهُ الْقُطْبُ الْجَنُوبِيُّ نحوَ الشَّمْسِ . فَتَتَمَتَّعُ اسْتُرَالْيَا بِالصَّيْفِ ، وَتَرْتَعِشُ أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةُ مِن الْبَرْدِ .



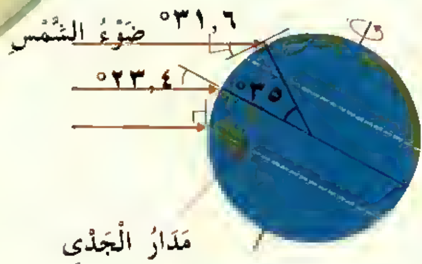

حُزْمَةٌ ضَوْئِيَّةٌ تُكَوِّنُ دَائِرَةً عَلَى حَائِلٍ عَمُودِى . إِذَا أُمِيلَ الْحَائِلُ يَنْتَشِرُ الضَّوْءُ عَلَى مِسَاحَةٍ أَكْبَرَ .

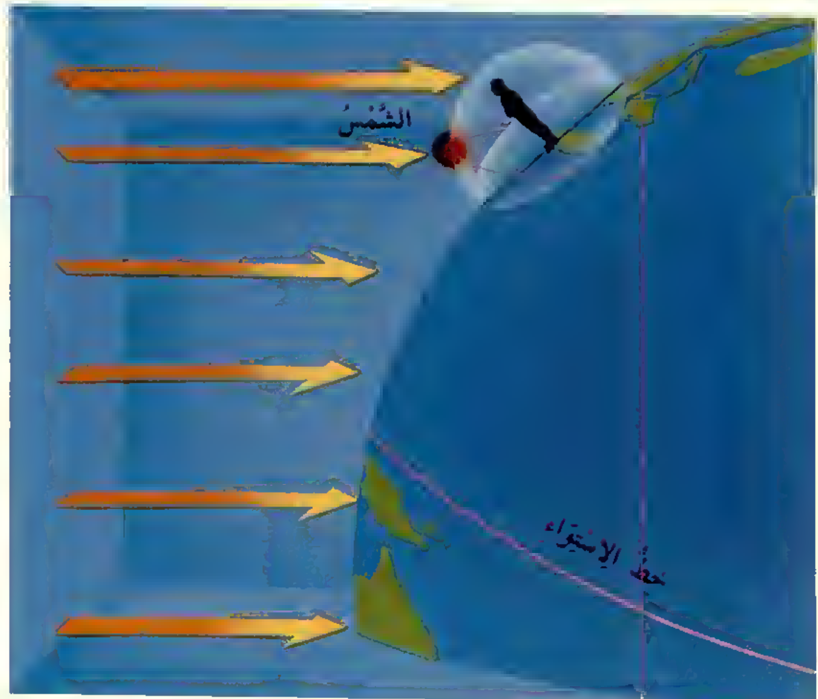



### اَلِاعْتِدَالُ الْخرِيفِيُّ

يَتَسَاوَى اللَّيْلُ وَالنَّهَارُ ثَانِيَةً وَقْتَ الِاعْتِدَالِ الْخَرِيفِيِّ . تَسْطَعُ الشَّمْسُ رَأْسِيَّةً فَوْقَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ ، وَبِزَاوِيَةٍ شَمَالِهِ وَجَنُوبِهِ (أعلى ويمين ). وَتَسْتَقْبِلُ هَذِهِ الْمَنَاطِقُ حَرَارَةً أَقَلَّ ، لِأَنَّ الْإِشْعَاعَ الشَّمْسِيَّ يَتَوَزَّعُ عَلَى مِسَاحَةٍ أَكْبَر .



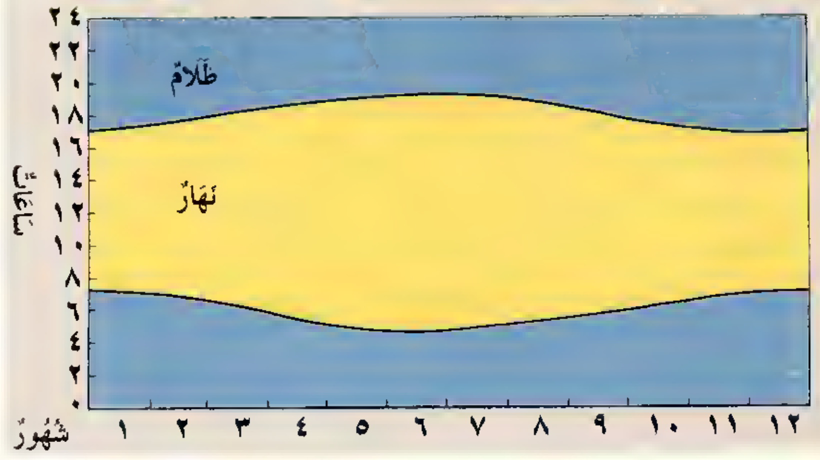



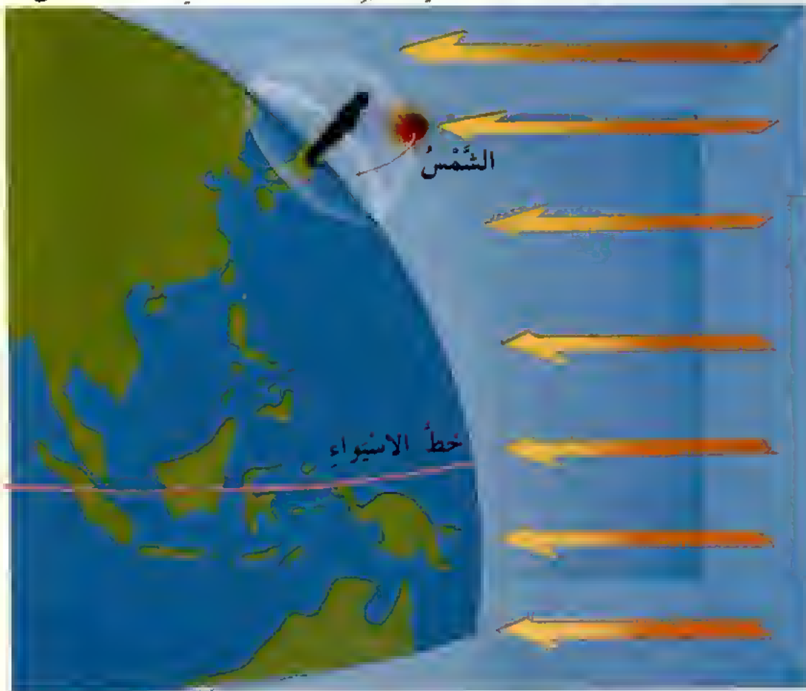

### اَلِانْقِلَابُ الشِّتوِيُّ

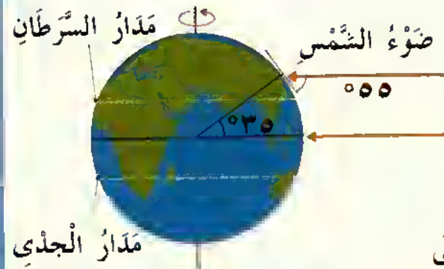
وَفِى ٢٢ دِيسمْبر تَسْطَعُ الشَّمْسُ رَأْسِيًّا فَوْقَ مَدَارِ الْعَقْرَبِ عِنْدَ خَطِّ عَرْضِ ٢٣,٤° جَنُوبًا . وَيَمِيلُ ضَوْءُ الشَّمْسِ فِى آسْيَا وَالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ بِزَاوِيَةِ ٣١,٦°. وَهَذَا هُوَ أَقْصَرُ يَوْمٍ فِى نِصفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِيِّ . ( أعلى ويمين ) .

## ساعَاتُ النَّهارِ

دَوَرانُ الْأَرْضِ حَوْلَ الشَّمْسِ يُعَرِّضُ مَنَاطِقَهَا الْمُخْتَلِفَةَ لِضَوْءِ الشَّمْسِ لِفَتَرَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ كُلَّ يَوْمٍ. فَفِي نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِيِّ، قُرْبَ حُدُوثِ الِانْقِلَابِ الصَّيْفِيِّ، تَبْدُو الشَّمْسُ كَأَنَّهَا تُمْضِي وَقْتًا فَوْقَ الْأُفُقِ أَكْثَرَ مِنْهُ تَحْتَهُ. وَفِي نَفْسِ الْوَقْتِ مِن السَّنَةِ فِي نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيِّ، تَكُونُ اللَّيَالِي أَطْوَلَ مِن النَّهَارِ. وَحَوْلَ حُلُولِ الِانْقِلَابِ الشَّتَوِيِّ فِي النِّصْفِ الشَّمَالِيِّ، يَبْدُو قَوْسُ الشَّمْسِ أَنْخَفَضَ وَأَقْصَرَ. وَيَقِلُّ عَدَدُ سَاعَاتِ النَّهَارِ فَتَسْتَقْبِلُ الْأَرْضُ حَرَارَةً أَقَلَّ. وَيُوَضِّحُ الرَّسْمُ الْبَيَانِيُّ (يمين) ضَوْءَ الشَّمْسِ الْمُتَجَمِّعَ عَلَى مَدَارِ الْعَامِ عِنْدَ خَطِّ عَرْضٍ أَوْسَطَ شَمَالِيٍّ.

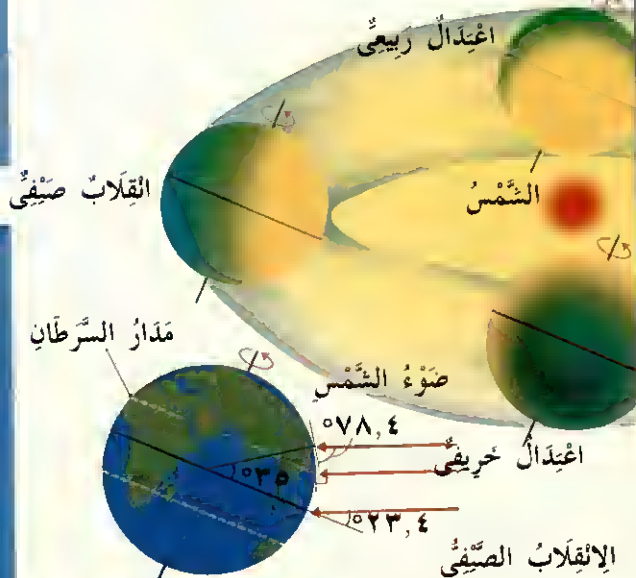


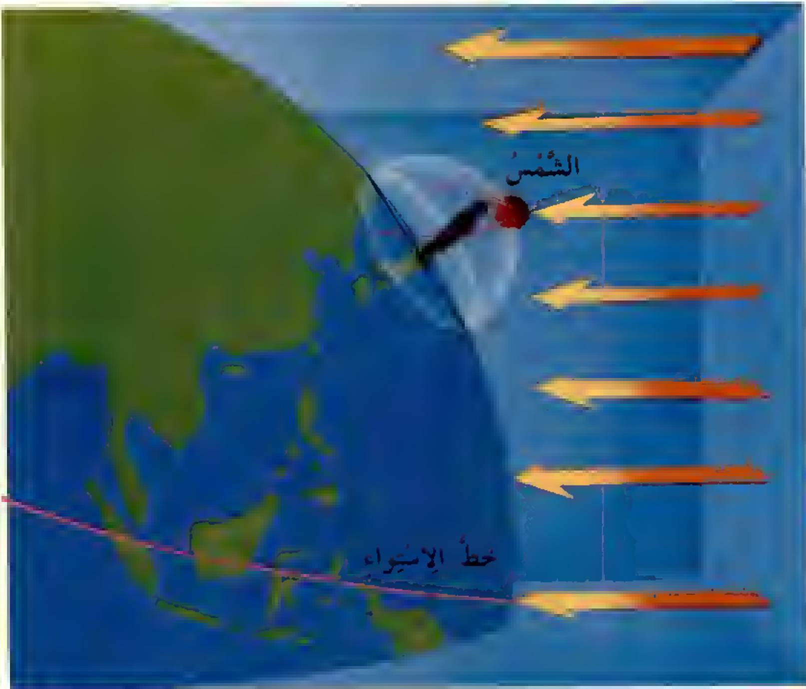




### الِاعْتِدَالُ الرَّبِيعِيُّ

يَحْدُثُ الِاعْتِدَالُ كُلَّ رَبِيعٍ وَخَرِيفٍ عِنْدَمَا يَكُونُ مِحْوَرُ دَوَرَانِ الْأَرْضِ عَمُودِيًّا عَلَى أَشِعَّةِ الشَّمْسِ (أعلى ويسار) وَالشَّخْصُ الْوَاقِفُ عَلَى خَطِّ عَرْضٍ ٣٥°، فِي وَقْتِ الرَّبِيعِ، يُلَاحِظُ أَنَّ الشَّمْسَ تَسْطَعُ عَلَى الْأَرْضِ بِزَاوِيَةِ ٥٥°.



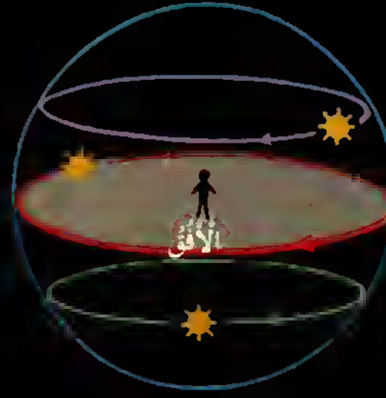



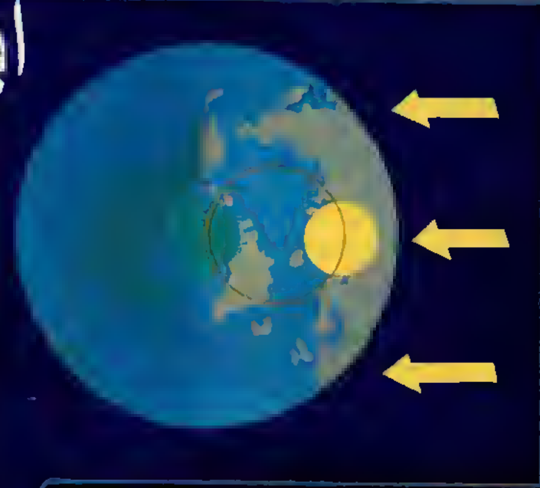

### الِانْقِلَابُ الصَّيْفِيُّ

فِي ٢٢ يُونْيُو تَقْرِيبًا، يَمِيلُ الْقُطْبُ الشَّمَالِيُّ بِشِدَّةٍ نَحْوَ الشَّمْسِ (أعلى ويسار) وَهُوَ يَوْمُ الِانْقِلَابِ الصَّيْفِيِّ. وَتَصِلُ الشَّمْسُ إِلَى أَقْصَى نُقْطَةٍ شَمَالِيَّةٍ عَلَى الْأَرْضِ، وَتَسْطَعُ عَمُودِيًّا عَلَى خَطِّ عَرْضٍ ٢٣,٤° شَمَالًا وَهُوَ مَدَارُ السَّرَطَانِ. وَتَصِلُ زَاوِيَةُ مَيْلِ الشَّمْسِ إِلَى ٧٨,٤° عِنْدَ خَطِّ عَرْضٍ ٣٥° فِي كُلٍّ مِنْ آسْيَا وَالوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

## مَسارُ الشَّمْسِ

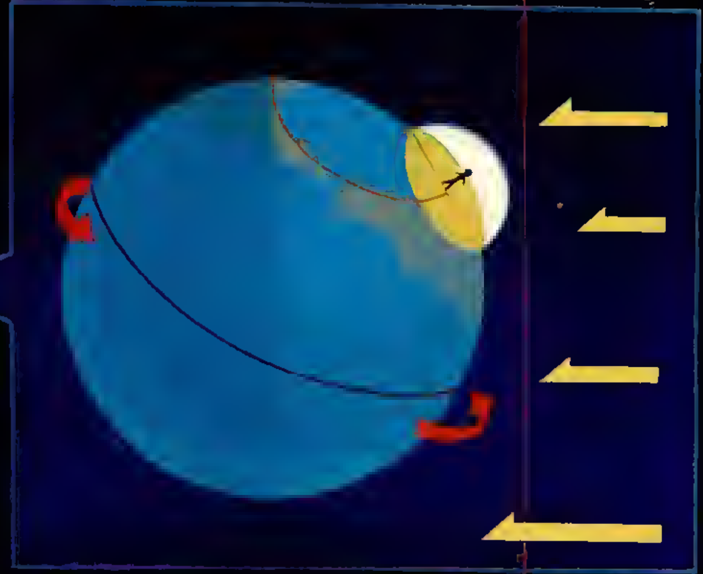
يَبْدو طولُ كُلٍّ مِن اللَّيلِ وَالنَّهارِ عِنْدَ الْقُطْبِ الشَّمالِيِّ ، سِتَّةَ شُهورٍ . وَأَثْناءَ الِانْقِلابِ الصَّيْفِيِّ ، تَدورُ الشَّمْسُ مُوازِيَةً لِلْأُفُقِ عَلى ارْتِفاعِ ٢٣,٥° . وَفي كِلا الاعْتِدالَيْنِ ، تَدورُ عِنْدَ الْأُفُقِ . وَأَثْناءَ شُهورِ الشِّتاءِ السِّتَّةِ تَخْتَفي الشَّمْسُ لِأَنَّها تَدورُ تَحْتَ الْأُفُقِ بِـ ٢٣,٥° عِنْدَ الِانْقِلابِ الشِّتَوِيِّ .



## الدَّائِرَةُ الْقُطْبِيَّةُ الشَّمالِيَّةُ

إِذا نَظَرَ شَخْصٌ مِنْ مَكانٍ مُرْتَفِعٍ فَوْقَ الْقُطْبِ الشَّمالِيِّ وَقْتَ الانْقِلابِ الصَّيْفِيِّ ، فَإِنَّهُ يَرى نِصْفَ الْأَرْضِ تُضيئُها الشَّمْسُ ، وَالنِّصْفُ الْآخَرُ مُظْلِمٌ . وَتَقَعُ الدَّائِرَةُ الْقُطْبِيَّةُ الشَّمالِيَّةُ بِأَكْمَلِها في النِّصْفِ الْمُضيءِ .



الشَّمْسُ ظُهْرًا

## ظُهْرٌ مُرْتَفِعٌ

عِنْدَ الِانْقِلابِ الصَّيْفِيِّ عَلى الدَّائِرَةِ الْقُطْبِيَّةِ الشَّمالِيَّةِ ، تَرْتَفِعُ شَمْسُ الظَّهيرَةِ ٤٧° في السَّماءِ . وَبَعْدَ الانْقِلابِ ، تَنْزِلُ الشَّمْسُ مُنْخَفِضَةً يَوْمًا بَعْدَ يَوْمٍ حَتَّى تَصِلَ إِلى الْأُفُقِ .

صُورَةٌ مُتَعَدِّدَةُ اللَّقَطاتِ بِالْقُرْبِ مِنَ الدَّائِرَةِ الْقُطْبِيَّةِ الشَّمالِيَّةِ ، تَظْهَرُ فيها الشَّمْسُ وَهِيَ تَنْخَفِضُ تَدْريجِيًّا لِتُلامِسَ الْأُفُقَ ، ثُمَّ تَرْتَفِعُ ثانِيَةً .



# سْطَعُ شَمْسُ مُنْتَصَفِ اللَّيْلِ ؟



حتّى فى الْعاشرة مساء . فإنّ شمْس الصّيْف تسْطعُ على هذه الْمدينة النّرويجيّة .

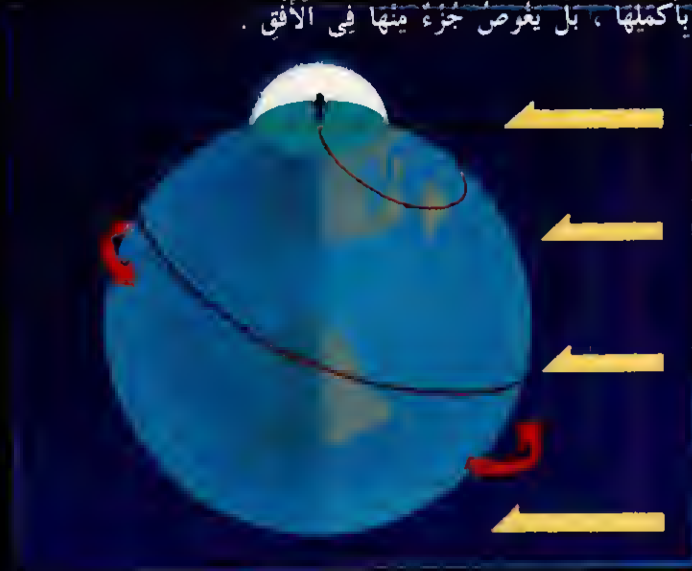
تظلُّ الْمساحاتُ الْقريبةُ منْ قطبى الْأرْض مغْمورة بضوْء الشّمْس أثْناء مُنْتصف الصّيْف لكُلّ منْ نصْفى الْأرْض . وذلك بسبب ميْل محْور الْأرْض . وهذه الْأراضى ذاتُ شمْس مُنْتصف اللّيْل تشْملُ ألاسْكا وإسْكاندنافيا والاتّحاد السّوفيتى فى نصْف الْكُرة الشّمالىّ . وتتذبْذبُ فى دائرة أثْناء دوران الْأرْض حوْل محْورها . ولكنّ هذه الدّائرة صغيرةٌ لدرجة أنّ هذه الْأراضى لا تدورُ بعيدا عنْ ضوْء الشّمْس . وتظْهرُ الشّمْسُ كما لوْ كانتْ تغُوصُ فى الْأُفق . ولكنّها تظلُّ ظاهرةً طوْل اللّيْل . ويحْدُثُ هذا فى شهْر يوليو فى النّصْف الشّمالىّ . أمّا فى النّصْف الْجنُوبىّ . فتسْطعُ الشّمْسُ حوْل الْقطْب الْجنُوبىّ فى أواخر ديسمبر ، وقْت الصّيْف الْجنُوبىّ .

## الانْقلابُ الصّيْفىّ فى الْقطْب الشّمالىّ



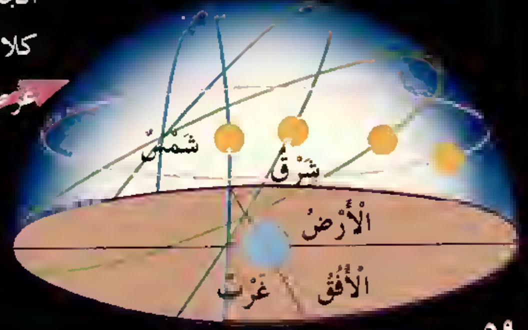

### صيْفُ الْقُطب الشّمالىّ

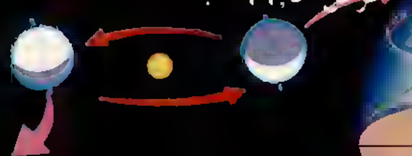
بالنّسْبة لشخْص يقفُ على الدّائرة الْقطْبيّة الشّماليّة فى الانْقلاب الصّيْفىّ فى ٢٢ يونيو ، فإنّ الشّمْس لا تختفى بأكْملها ، بلْ يغُوصُ جُزْءٌ منْها فى الْأُفق .



يتغيّرُ مسارُ الشّمْس الظّاهرىّ عنْد خُطوط الْعرْض الْمُختلفة . وفى الرّسْم يسارا ، مسارُ الشّمْس بالْقُرْب منْ خطّ الاسْتواء (خط أزرق)، وعنْد خطّى عرْض شماليّيْن (خُطوطٌ خضْراء)، وعنْد الْقطْب (خطٌّ أرْجوانىّ) . وترْسمُ الشّمْسُ مسارا مُماثلا فى النّصْف الْجنُوبىّ عنْد الانْقلاب الصّيْفىّ (أسفل يسار) . وفى كلا النّصْفيْن لا تغُوصُ الشّمْسُ تحْت الْأُفق فوْق خطّ عرْض ٦٦،٥° .

صيْفٌ شمالىّ



صيْفٌ جنُوبىّ



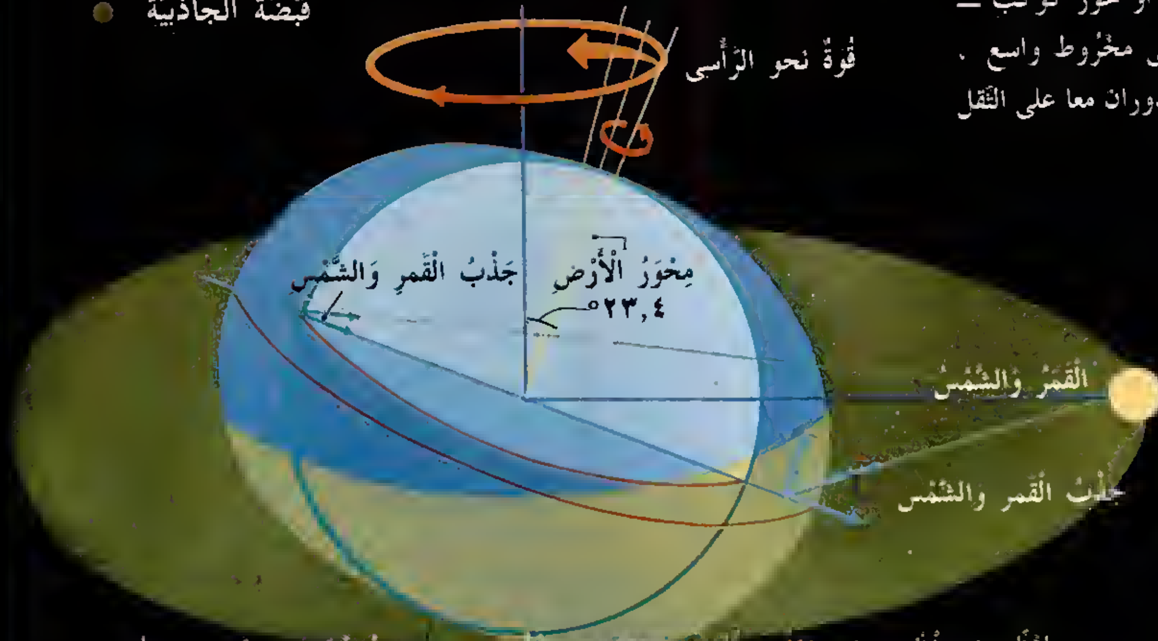

التَّرنُّحُ وَالْكَوْكَبَاتُ
السلياق
النَّسْرُ الْوَاقِعُ
الْجَاثى
كوكبة التنين
الدُّبُّ
النَّجْمُ الْقُطْبِىُّ
دورانُ الْأَرْضِ
جذْبُ الْقمرِ والشَّمْس
دَائِرَةُ الْبُروجِ (الْمَدارُ الظَّاهِرِىُّ لِلشَّمْس)
الِاسْتِوَاءُ السَّمَاوِىُّ

# نَجْمُ الشَّمَالِيُّ ؟

نظرًا لِانْبِعاجِ الْأَرْضِ عِنْدَ خطِّ الِاسْتِوَاءِ بِحَوالَى ٢٧ مِيلًا إِلَى الْخارِجِ ، فَإِنَّ قَبضَة جَذْبِ الشَّمْسِ وَالْقَمَرِ تَعْمَلُ دَاخِلَ الْأَرْضِ أَثْنَاءَ دورَانِهَا حَوْلَ مِحْوَرِهَا . وَهَذَا يُسَبِّبُ ذَبْذَبَةً بطيئَةً جدًّا لِلْأَرْضِ ، فيَرْسُمُ قُطْبَاهَا تَدْرِيجيًّا دَائِرَتَيْنِ فِى الْفَضَاءِ .

وتُسمَّى هذِهِ الْحَرَكَة تَرَنُّحَ الْأَرْضِ ، وَتَسْتَغْرِقُ حوالَى ٢٦٠٠٠ سَنَةٍ لِتَرْسُمَ دَائِرَةً وَاحِدَةً كَامِلَةً . وفِى نفسِ الْوَقْتِ ، يُشِيرُ الْقُطْبُ الشَّمَالِىُّ لِلْأَرْضِ نَحْوَ نُجُومٍ شَمالِيَّةٍ جديدَةٍ . وَالْآنَ ، يُشيرُ الْقُطْبُ الشَّمَالِىُّ نحْو نَجْمٍ يُسمَّى النَّجْمَ الْقُطْبِىَّ . ولَكِنْ بعْدَ ٨٠٠٠ سَنةٍ ، سَيُشِيرُ ــ بِإِذْنِ اللّٰهِ ــ نحْوَ النَّجْمِ الشَّمَالِىِّ التّالى السّاطع ، وهُوَ الرِّدْفُ فِى كَوْكَبَةِ الدَّجاجة .

يَدُورُ مِحْوَرُ الْجيرُوسْكُوب ــ أَوْ محورُ كَوْكَب ــ حَرَكَةً دورانِيَّةً كما لو كان فى مخروط واسع . وَذَلك نَتيجَةَ تأْثِير الْجاذبِيَّة والدَّوران معا على الثّقل الدَّورانِىّ .




تؤثِّر على الأرض فى تذبذبها قوتان متضادتان . الأولى هى دورانُ الكَوْكب الذى تحفظه مائلا على محوره . والثانيةُ هى جذبُ الشمْس والقمر معا ، التى تحاولُ إمالة محور الدوران ليُصبح مُعتدلا .



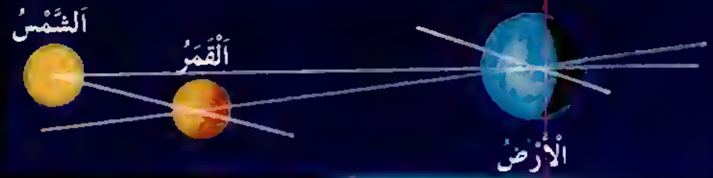

**نُجومٌ شماليَّةٌ جديدةٌ**

يُسبِّبُ التَّرنُّحُ دوْرةً لِلنُّجُوم الشَّماليَّة تسْتغْرِقُ حوالَى ٢٦٠٠٠ سنة . والْقُطْبُ الشَّمالىّ سوْف يتجاوزُ النَّجْمَ الْقُطْبِىَّ خلال بِضْع مئات من السِّنين . ويتجهُ نحو كوْكبة قيفاوس . وسيقع النَّجْمُ الشَّمالىُّ التَّالِى فى كوْكبة الدَّجاجة . ويليه فى عام ١٤٠٠٠ ميلاديَّة نجْمُ النَّسْر الْواقع .

## مَتَى يَحْدُثُ الْكُسُوفُ وَالْخُسُوفُ ؟

كُلَّ شَهْرٍ ، يَتَحَرَّكُ الْقَمَرُ حَوْلَ الْأَرْضِ مِنْ جَانِبِهَا الْمُوَاجِهِ لِلشَّمْسِ (قَمَرٌ جَدِيدٌ) إِلَى جَانِبِهَا الْآخَرِ (بَدْر) ثُمَّ يَعُودُ وَهَكَذَا . فَلِمَاذَا – إِذَنْ – لَا يَحْدُثُ خُسُوفٌ لِلْقَمَرِ وَكُسُوفٌ لِلشَّمْسِ مَرَّةً كُلَّ شَهْرٍ ؟ لِأَنَّ مُسْتَوَى دَوَرَانِ الْقَمَرِ يَمِيلُ ٥° عَنْ مُسْتَوَى دَوَرَانِ الْأَرْضِ ، كَمَا أَنَّ مُسْتَوَى دَوَرَانِ الْقَمَرِ يَتَغَيَّرُ . وَنَادِرًا مَا يَتَقَاطَعُ مُسْتَوَى دَوَرَانِ الْقَمَرِ مَعَ مُسْتَوَيَاتِ دَوَرَانِ الْأَرْضِ وَالشَّمْسِ .









لَا يَسْقُطُ ضَوْءُ الشَّمْسِ عَلَى الْقَمَرِ فِي الْخُسُوفِ الْكُلِّيِّ لِلْقَمَرِ ، عِنْدَمَا يَحْمِلُهُ مَدَارُهُ إِلَى مِنْطَقَةِ ظِلِّ الْأَرْضِ . وَلَكِنَّهُ لَا يَظْهَرُ بِلَوْنٍ أَسْوَدَ . فَالْغِلَافُ الْجَوِّيُّ لِلْأَرْضِ يَكْسِرُ بَعْضَ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ وَيُشَتِّتُهَا ، وَيَظْهَرُ الْقَمَرُ بِلَوْنِ النُّحَاسِ السَّاخِنِ .

### كُسُوفٌ كُلِّيٌّ لِلشَّمْسِ

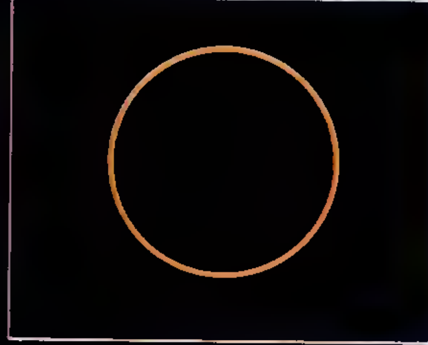
يَبْدَأُ الْكُسُوفُ الْكُلِّيُّ لِلشَّمْسِ عِنْدَمَا يَتَحَرَّكُ الْقَمَرُ بَيْنَ الشَّمْسِ وَالْأَرْضِ . فَإِذَا حَمَلَ الْقَمَرُ فِي مَدَارِهِ الْبَيْضِيِّ بَعِيدًا عَنِ الْأَرْضِ ، فَسَيَظْهَرُ صَغِيرًا جِدًّا وَلَا يُغَطِّي قُرْصَ الشَّمْسِ كُلَّهُ ، وَتَظْهَرُ حَلْقَةٌ مُضِيئَةٌ تُحِيطُ بِقُرْصِ الْقَمَرِ . وَيُسَمَّى هَذَا كُسُوفًا حَلْقِيًّا لِلشَّمْسِ . أَمَّا إِذَا كَانَ الْقَمَرُ قَرِيبًا مِنَ الْأَرْضِ ، فَإِنَّ قُرْصَهُ يُغَطِّي الشَّمْسَ كُلَّهَا . وَبِمُرَاقَبَةِ ظِلِّ الْقَمَرِ مِنَ الْفَضَاءِ ، وُجِدَ أَنَّ ظِلَّ الْقَمَرِ الَّذِي قُطْرُهُ ١٦٧ مِيلًا يَتَحَرَّكُ عَلَى الْأَرْضِ بِسُرْعَةِ ١٠٠٠ مِيلٍ/سَاعَة .





كُسُوفٌ كُلِّيٌّ لِلشَّمْسِ





كُسُوفٌ حَلْقِيٌّ لِلشَّمْسِ


ظَاهِرَةُ الْخَاتَمِ الْمَاسِيِّ

# لِمَاذَا يحدُثُ الْكُسُوفُ وَ الْخُسُوفُ!؟

فِى اللَّيَالِى الْعَادِيَّة ، يُضِىءُ الْقَمَرُ بِمَا يَعْكِسُهُ مِنْ ضَوْءِ الشَّمْسِ . وَلَكِنْ عِنْدَمَا تَمُرُّ الْأَرْضُ بَيْنَ الشَّمْسِ وَالْقَمَرِ تَمَامًا بِحَيْثُ يَقَعُ ظِلُّ الْأَرْضِ عَلَى الْقَمَرِ ، يَحْدُثُ خُسُوفٌ لِلْقَمَرِ ، حَيْثُ يَخْفِتُ ضَوْءُ الْقَمَرِ أو يُظْلِمُ تَمَامًا . وَمِنْ نَاحِيَةٍ أُخْرَى ، عِنْدَمَا يَتَحَرَّكُ الْقَمَرُ بَيْنَ الأَرْضِ وَالشَّمْسِ تَمامًا ، يَقَعُ عَلَى الأَرْضِ ظِلٌّ صَغِيرٌ لِلْقَمَرِ . وَالْمُرَاقِبُونَ فِى هَذَا الظِّلِّ يُمْكِنُهُمْ رُؤْيَةُ كُسُوفِ الشَّمْسِ عِنْدَمَا تَخْتَفِى الشَّمْسُ خَلْفَ قُرْصِ الْقَمَرِ . وَيَحْدُثُ الْخُسُوفُ وَالْكُسُوفُ بِانْتِظَامٍ وَعَلَى دَرَجَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ . وَبِسَبَبِ طَرِيقَةِ انْتِشَارِ ضَوْءِ الشَّمْسِ فَإِنَّ الْقَمَرَ وَالْأَرْضَ يُكَوِّنَانِ مِنْطَقَةً مُظْلِمَةً (الظل) دَاخِلَ مِنْطَقَةٍ شِبْهِ مُظْلِمَةٍ (شبه الظل). وَإِذَا تَحَرَّكَ الْقَمَرُ دَاخِلَ ظِلِّ الْأَرْضِ ، يَحْدُثُ خُسُوفٌ كُلِّىٌّ لِلْقَمَرِ ، وَلَكِنْ فِى شِبْهِ ظِلِّ الْأَرْضِ يَضْعُفُ ضَوْءُ الْقَمَرِ قَلِيلًا . وَالمرَاقِبُونَ فِى مِنْطَقَةِ ظِلِّ الْقَمَرِ عَلَى الأَرْضِ ، هُمْ فَقَطْ الَّذِينَ يُشَاهِدُونَ كُسُوفًا كُلِّيًا لِلشَّمْسِ ، الَّذِى قَدْ تَحْتَجِبُ فِيهِ الشَّمْسُ كُلِّيَّةً أَوْ تَظْهَرُ كَحَلْقَةٍ مُضِيئَةٍ حَوْلَ قُرْصِ الْقَمَرِ (وَيُسَمَّى كُسُوفًا حَلْقِيًّا) .

خُسُوفُ الْقَمَرِ

اَلشَّمْسُ

كُسُوفُ الشَّمْسِ

اَلْقَمَرُ

# 4 القَمَرُ

بُهِرَ النَّاسُ مُنْذُ قَدِيمِ الْأَزَلِ بِأَسْرَارِ الْقَمَرِ وَغُمُوضِهِ . وَصَاغُوا قِصَصًا خَيَالِيَّةً فِي مُحَاوَلَاتِهِمْ لِشَرْحِ كُنْهِ الْقَمَرِ وَكَيْفَ وُلِدَ . وَتَخَيَّلَ الْبَعْضُ وُجُوهًا مَأْلُوفَةً يَرَوْنَهَا عَلَى تَضَارِيسِ سَطْحِ الْقَمَرِ ، مِثْلَ الْأَرَانِبِ وَالْعَجَائِزِ . وَلَمْ يَتِمَّ الْكَشْفُ عَنْ حَقِيقَةِ سَطْحِ الْقَمَرِ إِلَّا فِي عَهْدٍ قَرِيبٍ بِوَاسِطَةِ التِّلِسْكُوبَاتِ وَسُفُنِ الْفَضَاءِ ، حَيْثُ تَبَيَّنَ أَنَّهُ مُقْفِرٌ يَمْتَلِئُ سَطْحُهُ بِالْحُفَرِ وَبِهِضَابٍ وَسَلَاسِلِ جِبَالٍ عَالِيَةٍ وَفُوَّهَاتٍ بُرْكَانِيَّةٍ وَاسِعَةٍ تُعْرَفُ بِالْبِحَارِ ، لِأَنَّ الْقُدَمَاءَ اعْتَقَدُوا بِوُجُودِ مُحِيطَاتٍ حَقِيقِيَّةٍ عَلَى سَطْحِ الْقَمَرِ . وَتَخْتَلِفُ مِسَاحَةُ الْحُفَرِ عَلَيْهِ مِنْ فُوَّهَاتِ الزُّجَاجَاتِ إِلَى أَحْوَاضٍ يَبْلُغُ قُطْرُهَا مِئَاتِ الْأَمْيَالِ . وَيَحْتَفِظُ الْقَمَرُ بِسِجِلٍّ كَامِلٍ لِلنَّشَاطِ الْكَوْنِيِّ خِلَالَ ٤ بَلَايِينَ سَنَةٍ ، وَذَلِكَ لِعَدَمِ وُجُودِ غِلَافٍ جَوِّيٍّ يُحْرِقُ النَّيَازِكَ وَالْكُوَيْكِبَاتِ السَّاقِطَةَ عَلَيْهِ . وَقَدِ اخْتَلَفَ الْعُلَمَاءُ فِي تَفْسِيرِ نَشْأَةِ الْقَمَرِ ، فَالْبَعْضُ يَرَى أَنَّهُ كَانَ جُزْءًا مِنَ الْأَرْضِ انْفَصَلَ عَنْهَا بَعْدَ تَصَادُمٍ شَدِيدٍ ، وَالْبَعْضُ الْآخَرُ يَرَى أَنَّهُ تَكَوَّنَ فِي مَكَانٍ آخَرَ ثُمَّ اقْتَنَصَتْهُ جَاذِبِيَّةُ الْأَرْضِ . وَأَيًّا كَانَتْ نَشْأَتُهُ ، فَإِنَّ الْقَمَرَ الْآنَ غَيْرُ نَشِطٍ جِيُولُوجِيًّا كَمَا تُوَضِّحُ مَرَاسِمُ الزَّلَازِلِ الَّتِي تَرَكَهَا رُوَّادُ أَبُولُّو عَلَى سَطْحِ الْقَمَرِ . وَهُوَ أَسِيرُ جَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ ، لِأَنَّ قُطْرَهُ ١/٤ قُطْرِ الْأَرْضِ ، وَكُتْلَتَهُ ١,٢٥٪ مِنْ كُتْلَةِ الْأَرْضِ . وَوَجْهُ الْقَمَرِ الْمُوَاجِهُ لِلْأَرْضِ لَا يَتَغَيَّرُ ، لِأَنَّ الْقَمَرَ يَدُورُ دَوْرَةً كَامِلَةً حَوْلَ مِحْوَرِهِ فِي نَفْسِ الْوَقْتِ الَّذِي يُتِمُّ فِيهِ دَوْرَةً كَامِلَةً حَوْلَ الْأَرْضِ . وَمَازَالَتْ قُوَّةُ جَذْبِ الْقَمَرِ لِلْأَرْضِ كَافِيَةً لِلتَّحَكُّمِ فِي الْمَدِّ وَالْجَزْرِ عَلَى مُحِيطَاتِ الْأَرْضِ .

مُنْذُ نَشْأَةِ الْقَمَرِ ، وَالْهَائِمَاتُ الْكَوْنِيَّةُ تَصْطَدِمُ بِسَطْحِهِ ، وَهِيَ مُخْتَلِفَةُ الْأَحْجَامِ فَقَدْ تَكُونُ صُخُورًا صَغِيرَةً أَوْ أَجْسَامًا قُطْرُهَا بِضْعُ مِئَاتِ الْأَمْيَالِ . وَخِلَالَ عُمْرِهِ الْبَالِغِ ٤ بَلَايِينِ سَنَةٍ ، تَكَوَّنَتْ مِنْهَا آلَافُ الْفُوَّهَاتِ وَالْحُفَرِ الَّتِي تَسُودُ سَطْحَ الْقَمَرِ الْآنَ .



# كَيْفَ تَكَوَّنَ الْقَمَرُ؟

عِنْدَ وِلَادَةِ الشَّمْسِ فِي مَرْكَزِ سَدِيمٍ مُنْكَمِشٍ ، تَجَمَّعَت الْغَازَاتُ وَالْغُبَارُ إِلَى أَجْسَامٍ صَخْرِيَّةٍ كَثِيفَةٍ عُرِفَتْ بِأَجِنَّةِ الكواكبِ . وَتَكَوَّنَت الْأَرْضُ الْأَوَّلِيَّةُ فِي وَسطِ نِظَامٍ شَمْسِيٍّ مَلِيءٍ بِالْحُطَامِ الْجَامِدِ . وَتَفْتَرِضُ إِحْدَى النَّظَرِيَّاتِ أَنَّ الْأَرْضَ اصْطَدَمَتْ بَعْدَ تَكَوُّنِهَا مُبَاشَرَةً بِجَنِينٍ فِي حَجْمِ الْمِرِّيخِ . وَانْصَهَرَتْ طَبَقَاتُ الصُّخُورِ الْخَارِجِيَّةُ عَلَى الْأَرْضِ بِفِعْلِ التَّصَادُمِ ، وَقَذَفَتْ سَحَابَةً ضَخْمَةً مِن الْمَادَّةِ اسْتَقَرَّت فِي مَدَارٍ حَوْلَ كَوْكَبِ الْأَرْضِ الصَّغِيرِ . وَخِلَالَ آلَافٍ قَلِيلَةٍ مِن السِّنِينَ ، تَجَمَّعَ الْحُطَامُ مَعًا بِفِعْلِ الْجَاذِبِيَّةِ ، وَكَوَّنَ الْقَمَرَ الْأَوَّلِيَّ .

الْأَرْضُ الْأَوَّلِيَّةُ

**٢ دَفْعٌ عَنِيف**
انْصَهَرَ وِشَاحُ الْأَرْضِ بِفِعْلِ السُّرْعَةِ الْعَالِيَةِ لِلتَّصَادُمِ ، وَانْفَصَلَتْ عَنِ السَّطْحِ الصُّخُورُ قَلِيلَةُ الْكَثَافَةِ .

جَنِينُ كَوْكَب

**١ تَصَادُمٌ كَوْنِيٌّ**
قَدْ يَكُونُ جِسْمٌ كَبِيرٌ اصْطَدَمَ بِالْأَرْضِ بَعْدَ تَكَوُّنِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ مُبَاشَرَةً فِي مِنْطَقَةٍ تَمْتَلِئُ بِالْكُوَيْكِبَاتِ الَّتِي تَدُورُ حَوْلَ الشَّمْسِ .



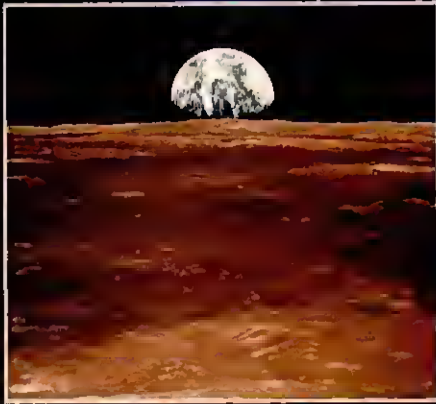

**٤ مَوْلِدُ الْقَمَرِ**

عَمِلَتْ قُوى الْجاذِبِيَّةِ على تَقارُبِ حَلَقاتِ الْحُطامِ مَعًا ، وَكَوَّنَتْ كُوَيْكِباتٍ تَجَمَّعَتْ مَعًا إلى الْقَمَرِ الأوَّلِيّ .



**٣ حَلْقَةٌ مِنَ الْحُطامِ**

لَمْ يَتَشَتَّت الْغُبارُ والْغازاتُ النّاتِجَةُ عَنِ التَّصادُمِ بَلْ ظَلَّ الْحُطامُ أسيرًا بِفِعْلِ جاذِبِيَّةِ الأرْضِ . واسْتَقَرَّ بِذَلِكَ في مَداراتٍ حَلْقِيَّةٍ حَوْلَ الأرْضِ .

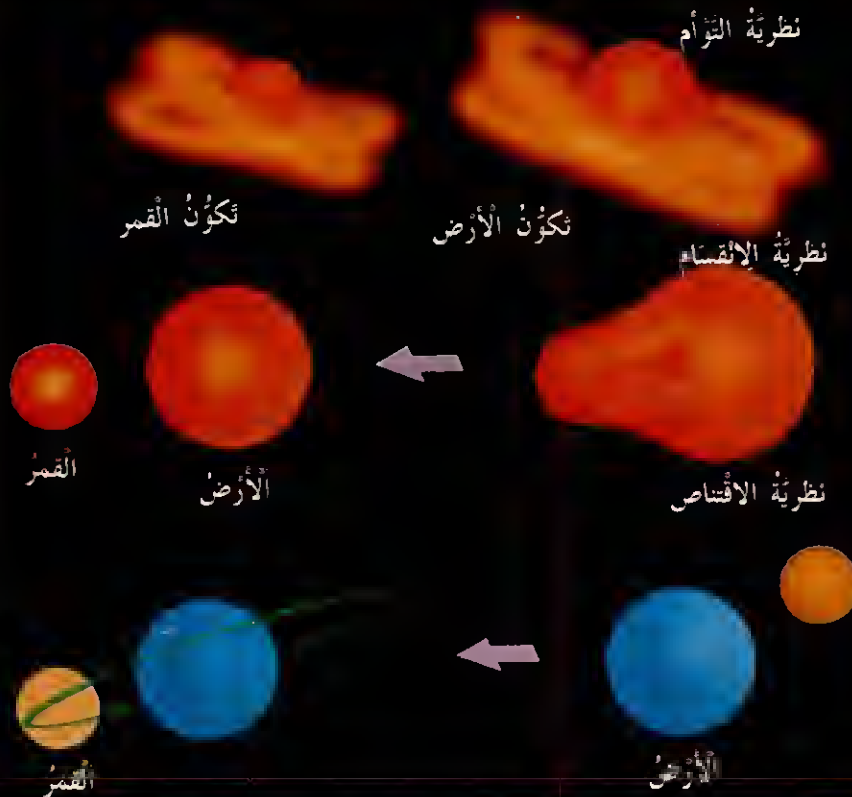


**شُروقُ الأرْضِ**

والأرْضُ كَما تَظْهَرُ مِنَ الْقَمَرِ ، تُوَضِّحُ تَناقُضًا صارِخًا بَيْنَ الأرْضِ بِمُحيطاتِها الْكَبيرَةِ وَسَمائِها الْمَليئَةِ بالسُّحُبِ ، وَبَيْنَ الْقَمَرِ بِجَفافِهِ وانْعِدامِ هَوائِهِ .

**نَظَرِيّاتٌ ثَلاثٌ**

يَعْتَقِدُ كَثيرٌ مِنَ الْعُلَماءِ أنّ نَظَرِيَّةَ التَّصادُمِ تُفَسِّرُ نَشْأةَ الْقَمَرِ . ولَكِنْ لِلْبَعْضِ آراءٌ مُخْتَلِفَةٌ . فَنَظَرِيَّةُ التَّوْأمِ تَفْتَرِضُ أنّ الأرْضَ والْقَمَرَ تَكَوَّنا مُنْفَصِلَيْنِ ، ولَكِنْ في نَفْسِ الْوَقْتِ والْمَكانِ تَقْريبًا . ونَظَرِيَّةُ الانْقِسامِ ، تَنُصُّ على أنَّ سُرْعَةَ دَوَرانِ الأرْضِ الأوَّلِيَّةِ حَوْلَ نَفْسِها فَصَلَ جُزْءًا مِنْها تَدْريجيًا ، وهذه الْكُتْلَةُ الْمُنْطَلِقَةُ السّاخِنَةُ أصْبَحَت الْقَمَرَ . أمّا نَظَرِيَّةُ الاقْتِناصِ ، فَتَقولُ إنّ الْقَمَرَ تَكَوَّنَ في مَكانٍ آخَرَ في الْمَجْموعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ثُمَّ اقْتَنَصَتْهُ جاذِبِيَّةُ الأرْضِ الْقَوِيَّةُ . ولِكُلِّ نَظَرِيَّةٍ نِقاطُ قُوَّةٍ ونِقاطُ ضَعْفٍ . ورَغْمَ أنّ نَظَرِيَّةَ التَّصادُمِ تَبْدو كأكْثَرِ النَّظَرِيّاتِ إقْناعًا الْيَوْمَ . إلّا أنّهُ لَيْسَ هُناكَ أيُّ دَليلٍ على صِحَّتِها .



# كَيْفَ تكوّنت فُوهاتُ الْبراكِين و الِبحارِ على سطْحِ الْقمرِ؟

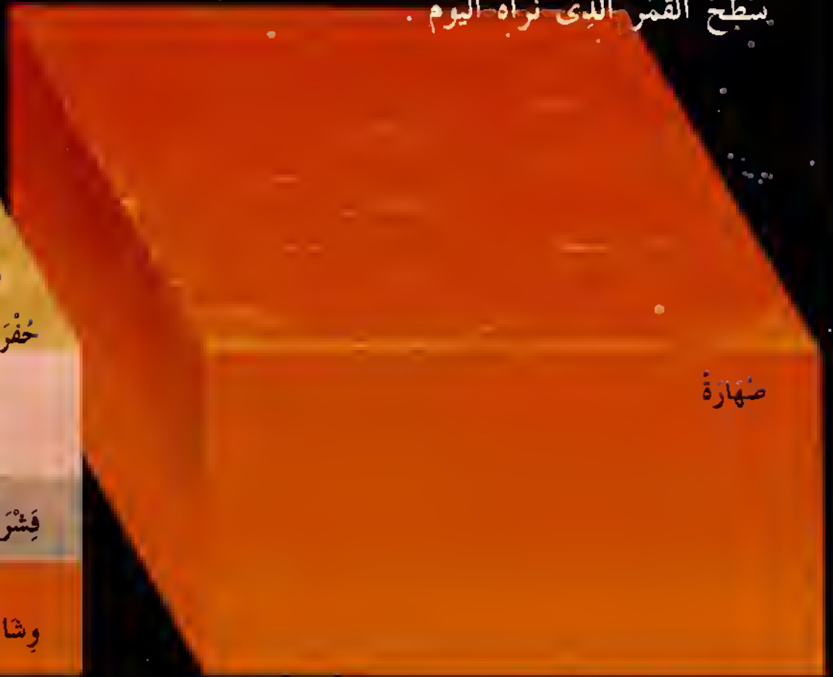



يبْلغُ قُطْرُ الْقمرِ ٢١٦٠ مِيلًا ، شامِلًا اللُّبَّ والْوِشاحَ والْقِشْرةَ .

كَانَ الْقَمَرُ الْأَوَّلِي كُرَةً سَاخِنَةً من الصُّخُورِ السَّائِلَةِ تُسَمَّى الصُّهَارَة . وَعِنْدَمَا بَرَدَت الصُّهَارَةُ ، غاصت الصُّخُورُ الْأَكْثَفُ لتُكوّن لُبَّ الْقَمَرِ ، بَيْنَما كَوَّنَت الصُّخُورُ الْأَخَفُّ الْوِشَاحَ وَالْقِشْرَةَ الرَّقِيقة .

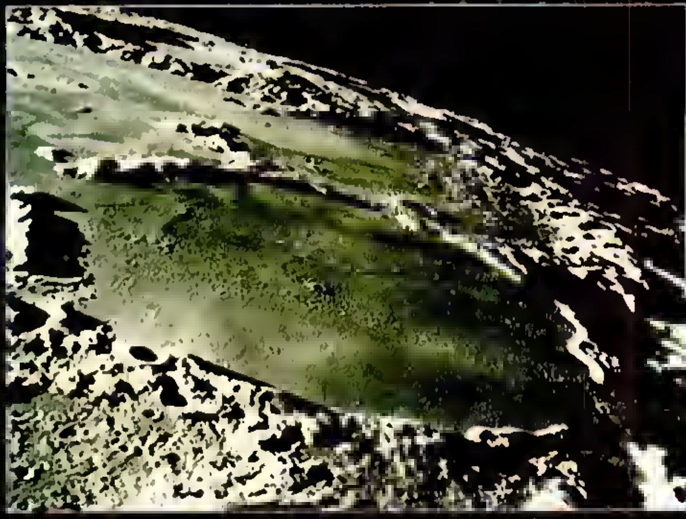
وَمُنْذُ حَوَالَى ٤ بلايين سَنَةٍ ، جَمَدَت الْقِشْرَةُ السَّطْحِيَّةُ رَغْمَ أَنَّها كَانَتْ مُعَرَّضَةً بِاسْتِمْرَارٍ لِتَصَادُمِ الْكُوَيْكِبيَاتِ . وَعَلَى مَدَارِ الـ ٥٠٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ التَّالِيَةِ أَصْبَحَتْ هَذِهِ التَّصَادُمَاتُ أَقَلَّ . بَيْنَمَا انْسَابَت الصُّهَارَةُ السَّائِلَةُ السَّاخِنَةُ مِن الدَاخِلِ ، وَمَلَأَتِ انْخِفَاضَات السَّطْحِ الَّتى سَبَّبَتْهَا التَّصَادُمَاتُ . ثُمَّ بَرَدَت الصُّهَارَةُ مُكوِّنَةً أَحْوَاضًا مِن الْبَازِلْت الْقَاتِمِ الَّذى ظَنَّهُ الْبَعْضُ بِحَارًا . وَاسْتَمَرَّ تَكَوُّنُ الْفُوَّهَاتِ وَالْحُفَرِ بِمُعَدَّلٍ أَبْطَأَ ، وَنَتَجَ سَطْحُ الْقَمَرِ الَّذِى نَرَاهُ الْيَوْمَ .



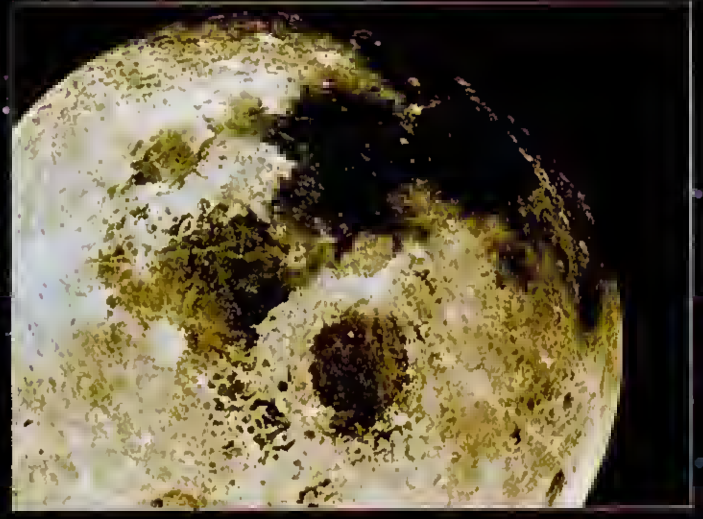




١ مُحِيطٌ مِن الصُّهَارَةِ
عنْدما تَكوّن الْقَمرُ ، غطّتْ سطْحَهُ الصُّهارةُ الْمُنصهِرةُ . وعنْدما بَرَدَت الصُّهارةُ ، غاصَت الصُّخُورُ الْأَكْثَفُ إِلَى اللُّبِّ ، وكوّنت الصُّخُورُ الْأَخَفُّ الْقِشْرَةَ .

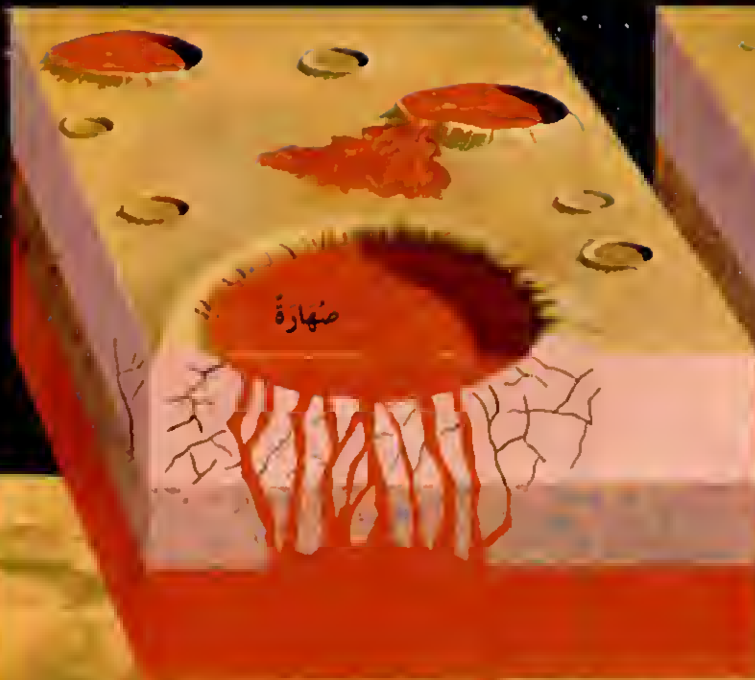
٢ سَطْحٌ مُهَاجَم
بَيْنَما كَانَت الْقِشْرَةُ تبْرُدُ لِتُكَوِّنَ صُخُورًا . أَحْدَثَت الْآف التَّصادُمات حفرًا على سطح القمر .



فُوَهاتٌ بُرْكَانِيَّةٌ قَدِيمَةٌ . شَاهَدَ الْفَلَكِيُّونَ صُورَةً عَنْ قُرْبٍ لِسَطْحِ الْقَمَرِ . وَأَوْسَعُ فُوَهَةٍ بَلَغَ قُطْرُهَا ١٢٠ مِيلًا ..



الْمَنْظَرُ مِنْ أبوللو ١١ . بِحَارُ الْقَمَرِ الْمُظْلِمَةُ هِيَ أَحْوَاضٌ مِنَ الْبَازَلْتِ انْسَابَتْ مِنْ دَاخِلِ الْقَمَرِ .






### ٣ حَرَارَةٌ مِنْ أَسْفَلَ

رَغْمَ أَنَّ سَطْحَ الْقَمَرِ بَرَدَ بَعْدَ حَوَالَى بِلْيُونِ سَنَةٍ فَإِنَّ بَاطِنَهُ ظَلَّ سَاخِنًا . فَخَرَجَتْ فَيَضَانَاتُ الصُّهَارَةِ فِي الْوِشَاحِ مُتَّجِهَةً إِلَى السَّطْحِ ..

### ٤ مَلْءُ الْحُفَرِ

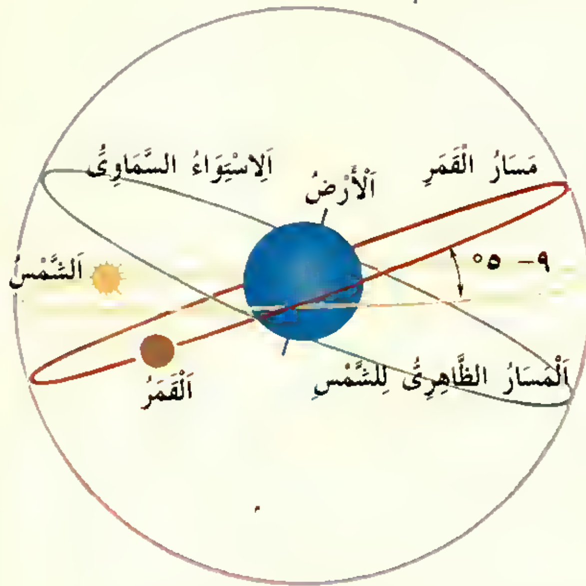
حَدَثَتْ تَصَادُمَاتٌ أَقَلَّ بَعْدَ الْبِلْيُونِ الْأَوَّلِ مِنْ عُمْرِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَامْتَلَأَتِ الْحُفَرُ بِالصُّهَارَةِ السَّاخِنَةِ الْمُنْسَابَةِ خِلَالَ تَصَدُّعَاتِ السَّطْحِ .

### مَوْلِدُ الْبِحَارِ [illegible]

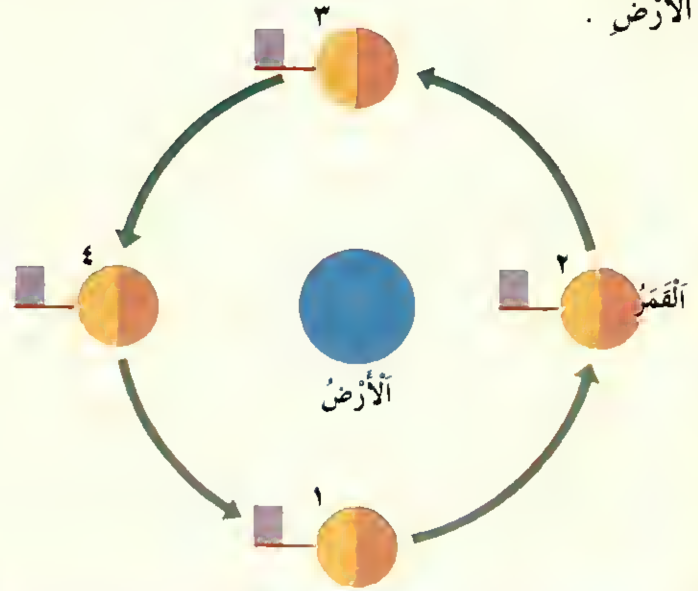
فَاضَتِ الصُّهَارَةُ السَّاخِنَةُ فَوْقَ الْحُفَرِ ، وَانْتَشَرَتْ عَبْرَ أَحْوَاضِ الْأَرَاضِي الْمُنْخَفِضَةِ الْوَاسِعَةِ . وَأَكْبَرُ هَذِهِ الْأَحْوَاضِ هُوَ الْأَمْبِرْيُوم وَقُطْرُهُ ٧٨٠ مِيلًا . ثُمَّ بَرَدَتِ الصُّهَارَةُ لِتُكَوِّنَ صُخُورًا بَازِلْتِيَّةً قَاتِمَةً . ثُمَّ بَرَدَ الْجُزْءُ الدَّاخِلِيُّ ، وَتَوَقَّفَ فَيَضَانُ الصُّهَارَةِ مُنْذُ حَوَالَى ٢,٥ بِلْيُونِ سَنَةٍ .

# لِمَاذَا لا يُرَى مِنَ الأَرْضِ إلا جَانِبٌ وَاحِدٌ لِلْقَمَرِ؟

رَغْمَ أَنَّ أَطْوَارَ الْقَمَرِ تَتَغَيَّرُ بِاسْتِمْرَارٍ ، وَمِنَ الْقَمَرِ الْجَدِيدِ إِلَى الْبَدْرِ ، إِلَّا أَنَّ وَجْهَهُ الْمُقَابِلَ لِلْأَرْضِ لَا يَتَغَيَّرُ . وَمِنَ الْأَرْضِ ، يَظْهَرُ دَائِمًا بَحْرُ الْأَزَمَاتِ قُرْبَ حَافَتِهِ الشَّرْقِيَّةِ ، وَفُوَّهَةُ تِيكُو قُرْبَ مُنْتَصَفِ نِصْفِهِ الْجَنُوبِيِّ . وَقَدْ تَبَاطَأَ دَوَرَانُ الْقَمَرِ حَوْلَ مِحْوَرِهِ لِيَتَنَاسَبَ مَعَ دَوَرَانِهِ حَوْلَ الْأَرْضِ ، لِأَنَّهُ يَتَعَرَّضُ لِتَأْثِيرِ قُوَى الْمَدِّ مِنَ الْأَرْضِ . وَيَسْتَغْرِقُ الْقَمَرُ ٢٧,٣ يَوْمًا لِيَدُورَ دَوْرَةً حَوْلَ الْأَرْضِ ، ٢٧,٣ يَوْمًا لِيَدُورَ دَوْرَةً حَوْلَ مِحْوَرِهِ . وَهَذَا التَّزَامُنُ الدَّوَرَانِيُّ يَجْعَلُ جَانِبًا وَاحِدًا مِنَ الْقَمَرِ مُوَاجِهًا لِلْأَرْضِ بِاسْتِمْرَارٍ ، وَالْجَانِبَ الْآخَرَ بَعِيدًا عَنِ الْأَرْضِ .



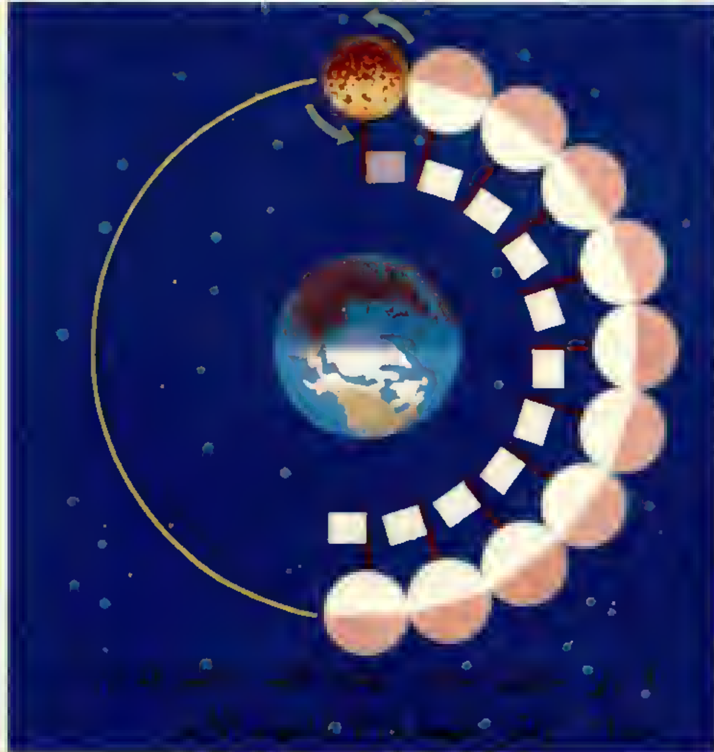

**حَرَكَةُ الْقَمَرِ** . مَدَارُ الْقَمَرِ حَوْلَ الْأَرْضِ يَمِيلُ بِزَاوِيَةِ ٩–٥° بِالنِّسْبَةِ لِمَسَارِ الشَّمْسِ عَلَى الْكُرَةِ السَّمَاوِيَّةِ الْمَعْرُوفِ بِالْمَسَارِ الظَّاهِرِيِّ لِلشَّمْسِ . وَيَقْطَعُ الْقَمَرُ هَذَا الْمَسَارَ صُعُودًا وَهُبُوطًا .

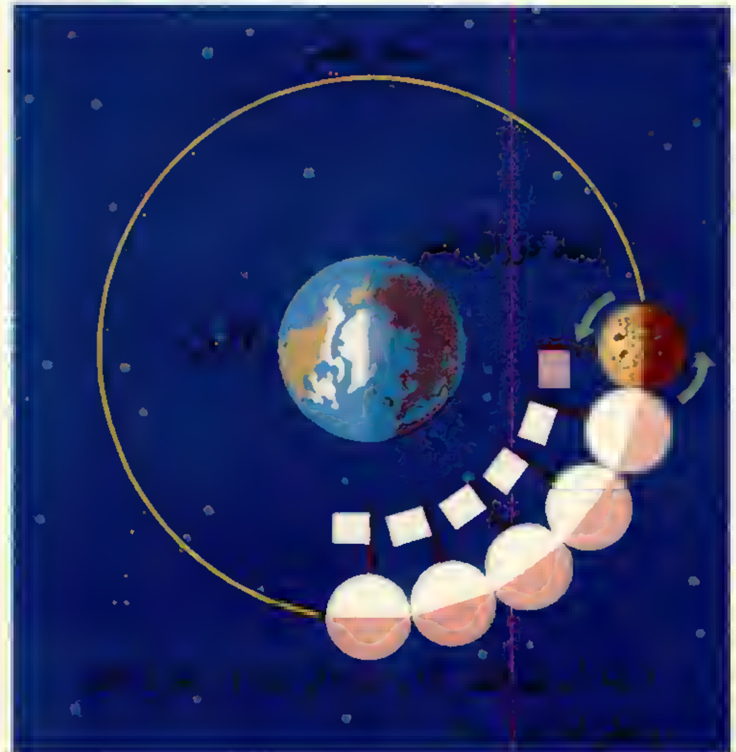



**هَلْ يَدُورُ الْقَمَرُ ؟**

اِفْرِضْ أَنَّ الْقَمَرَ لَا يَدُورُ . وَفِي هَذِهِ الْحَالَةِ ، فَإِنَّ سَارِيَةَ عَلَمٍ مَوْضُوعَةً عَلَى سَطْحِ الْقَمَرِ (يمين) تُشِيرُ دَائِمًا إِلَى اتِّجَاهٍ وَاحِدٍ . وَلَكِنْ لِأَنَّ الْقَمَرَ يَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ ، فَإِنَّ الْمُرَاقِبِينَ يُشَاهِدُونَ الْعَلَمَ مِنْ زَوَايَا مُخْتَلِفَةٍ ، وَبِمَا أَنَّ وَجْهَ الْعَلَمِ الْمَرْئِيَّ سَيَتَغَيَّرُ ، فَإِنَّ وَجْهَ الْقَمَرِ الْمَرْئِيَّ سَيَتَغَيَّرُ أَيْضًا ، وَيُمْكِنُنَا رُؤْيَةُ جَانِبَيِ الْقَمَرِ بَدَلًا مِنْ جَانِبٍ وَاحِدٍ .

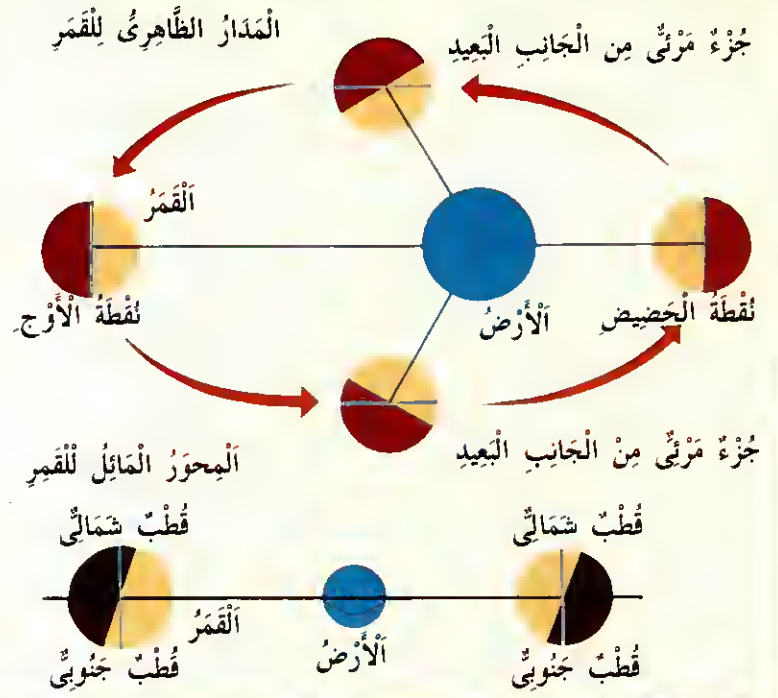
**دَوَرَانٌ مُتَزَامِنٌ**





## هَلْ يُمْكِنُ رُؤْيَةُ الْجَانِبِ الْبَعِيدِ لِلْقَمَرِ ؟

رَغْمَ أَنَّ الْقَمَرَ يُوَاجِهُ الْأَرْضَ بِنَفْسِ جَانِبِهِ دَائِمًا ، إِلَّا أَنَّهُ يُمْكِنُنَا رُؤْيَةُ لَمحَاتٍ مِن الْجَانِبِ الْبَعِيدِ . فَمَدَارُ الْقَمَرِ حَوْلَ الْأَرْضِ لَيْسَ دَائِرَةً كَامِلَةً ، وَيَكَادُ يَكُونُ بَيْضِيًّا . وَعِنْدَمَا يَتَحَرَّكُ الْقَمَرُ فِي مَدَارِهِ الْبَيْضِيِّ ، فَإِنَّهُ يُسْرِعُ قَلِيلًا عِنْدَمَا يَكُونُ أَقْرَبَ إِلَى الْأَرْضِ (الحضيض). وَأَثْنَاءَ ذَلِكَ لَا تَكُونُ سُرْعَةُ دَوَرَانِهِ حَوْلَ نَفْسِهِ وَسُرْعَتُهُ فِي مَدَارِهِ ، فِي طَوْرٍ وَاحِدٍ . وَيَظْهَرُ الْقَمَرُ مِن الْأَرْضِ ، كَأَنَّهُ يَتَرَنَّحُ قَلِيلًا . وَهَذَا التَّرَنُّحُ يُتِيحُ لِلْمُرَاقِبِينَ مِن الْأَرْضِ رُؤْيَةَ جُزْءٍ بَسِيطٍ مِن الْجَانِبِ الْبَعِيدِ . وَفِي جَمِيعِ الْحَالَاتِ فَإِنَّ مَاتَرَاهُ مِنْ سَطْحِ الْقَمَرِ لَايَزِيدُ عَلَى ٥٩٪ مِنْ سَطْحِهِ الْكُلِّيِّ ، وَلَكِنْ لَا يُمكِنُنَا أَنْ نَرَى فِي نَفْسِ الْوَقْتِ أَكْثَرَ مِنْ ٥٠٪ مِنْ سَطْحِهِ . والـ ٤١٪ الْأُخْرَى مِنْ سَطْحِهِ لَا يُمكِنُ رُؤْيَتُهَا مِن الْأَرْضِ .

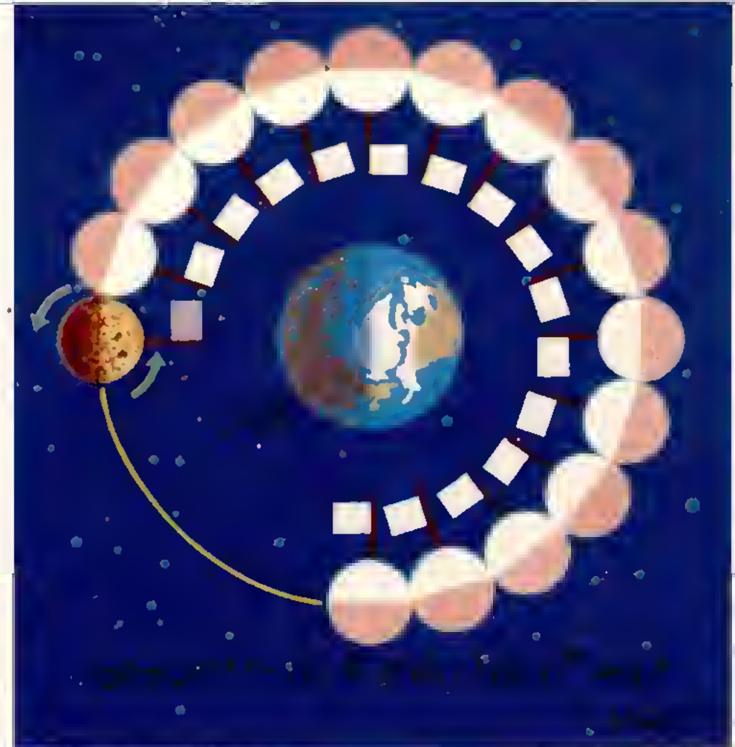




اَلْمَنْظَرُ الْغَرْبِيُّ لَهُ


اَلْمَنْظَرُ الشَّرْقِيُّ لَهُ


صُورَةٌ لـ ٥٠٪ مِن الْقَمَرِ

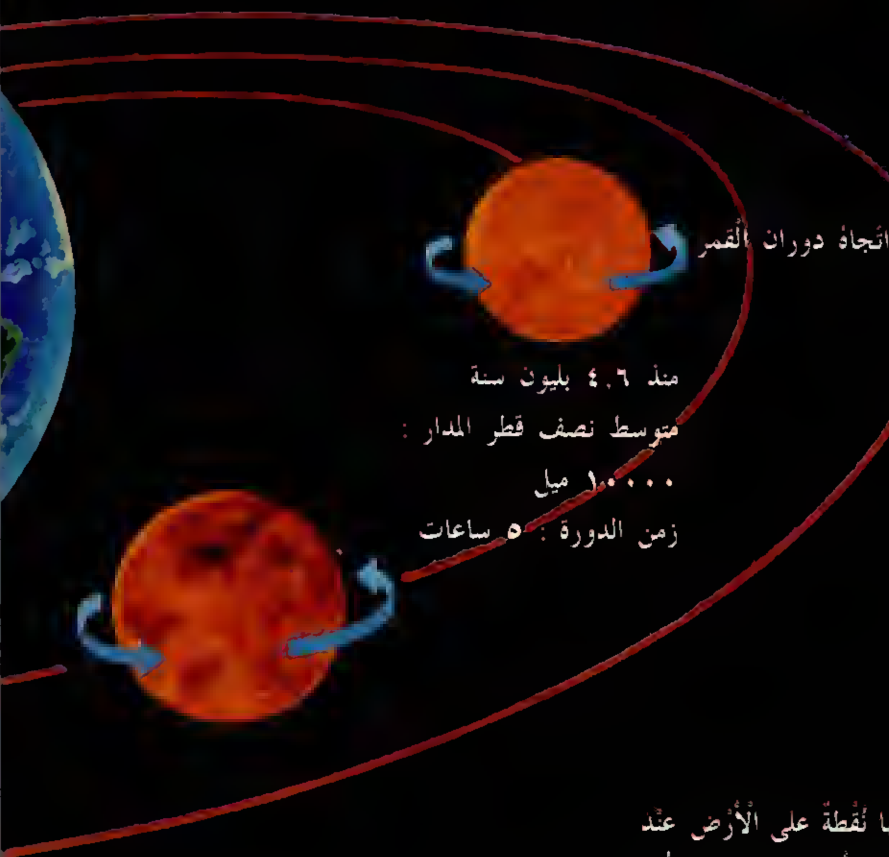




* قوى المدّ




يرتفعُ سطحُ المحيط ويهبطُ في دورة يوميّة تُسمّى المدّ والجزر . يدورُ كُلٌّ من القمر والأرض حول مركز ثقله ، الّذى يقعُ على بُعد ¾ المسافة بين مركز الأرض وسطحه . وتتوازنُ قُوى الجاذبيّة في كُلٍّ منهما بالقوّة الطّاردة المركزيّة النّاشئة عن حركتهما . ولكنْ على جانب الأرض المواجه للقمر ، تكُونُ قوّةُ جذب القمر (أصفر قاتم) أكبر من القوّة الطّاردة المركزيّة للأرض (أصفر فاتح). ونتيجة لذلك تنجذبُ مياهُ المحيط نحو القمر . وعلى الجانب الآخر من الأرض ، تكُونُ القوّةُ الطّاردةُ المركزيّةُ أكبر منْ قوّة جذب القمر . ولهذا يُدفعُ الماءُ بعيدًا عن القمر . وبهذه الطّريقة ، فإنّ انخفاض المدّ وارتفاعهُ يخضعُ للتوازن المُتبادل . بيْن قُوى الجذب والطّرد المركزىّ .




لا يحدُثُ المدُّ المرتفعُ في نفس اللّحظة التى تكُونُ فيها نُقطة على الأرض عند أقلّ بُعد لها عن القمر . ولكنْ يتأخّرُ ذلك مُدّة ساعتيْن أوْ ثلاث بسبب قُوّة الاحتكاك . فبيْنما تدورُ الأرضُ ، تسحبُ معها مياه المُحيط . والاحتكاكُ بيْن الماء وقاع المُحيط يُبطّئ حركة كُلٍّ من الماء والأرض . وماءُ المحيط المنبعجُ نحو القمر لهُ قوّةٌ أكبرُ من الماء المدفوع بعيدًا عنهُ على الجانب الآخر من الأرض . وهذا التّوزيعُ غيرُ المُتساوى للقوى يعمل كفرملة على دوران الأرض . فتبطّئ دورانها تدريجيًا . وكُلّ ١٠٠٠٠٠ سنة ، يزيدُ طولُ اليوْم ثانية واحدة . وبيْنما يُبطّئ الدّورانُ يتغيّرُ توازنُ القوى بيْن الأرض والقمر . وتزدادُ القوّةُ الطّاردةُ المركزيّةُ للقمر بالنّسبة لجذب الأرض ، فتسمحُ للقمر بالابتعاد عن الأرض .

# يتراجع الْقَمَرُ عن الأَرْضِ؟

فِى كُلِّ سَنَةٍ يتحَرَّكُ الْقَمَرُ مُبْتَعِدًا عن الْأَرْضِ بِمسافَةٍ قَلِيلَةٍ جِدًّا . وَتُوضِّحُ الْقِيَاسَاتُ الدَّقِيقَةُ أَنَّ مُعَدَّلَ ابْتِعَادِ الْقَمَرِ عَن الْأَرْضِ ١,٢ بوصة/سنة . وَخِلَالَ مِلْيُونَ سَنَةٍ ، سَيَبْتَعِدُ الْقَمَرُ مَسَافَةَ ١٨ مِيلًا . وَطِبْقًا لِنظَرِيَّةِ التَّصَادُمِ ، فَإِنَّ الْقَمَرَ قَدْ يَكُونُ أَقْرَبَ كَثِيرًا مِن الْأَرْضِ مِمَّا هو عَلَيْهِ الْيَوْمَ . وَكَانَ يَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ عَلَى بُعدِ حَوَالَى ١٠٠٠٠ مِيلٍ . فَإِذَا كَانَت النَّظَرِيَّةُ صَحِيحَةً ، لَكَانَ الْقَمَرُ قَامَ بِدَوْرَانه حَوْلَ الْأَرْضِ بِسُرْعَةٍ أَكْبر . فِى أَقَلَّ مِنْ يَوْمٍ . وَلَكِنَّ قُوَى الْمَدِّ الَّتِى أَحْدَثَتْهَا جَاذِبِيَّةُ الْأَرْضِ عَمِلَتْ مِثْلَ فَرْمَلَةٍ على الْقَمَرِ . فَأَبْطَأَتْ سُرْعَتَهُ الْمَدَارِيَّةَ وَمُعَدَّلَ دَوَرَانِهِ . وَمَعَ إِبْطَاءِ حَرَكَةِ الْقَمَرِ ، تَمَدَّدَ مَدَارُهُ تَدْرِيجيًا حَتَى وصَلَ إِلَى نِصْفِ قُطْرِهِ الْحَالى الْبَالِغِ ٢٣٠٤٠٠ مِيل .



تُحسبُ الْمسافات بدقَّة مُتناهية ، بقياس الْوقْت الَّذى يسْتغْرقُهُ شُعاعُ ليزر ليعُود إلى الْأرْض بعْد انْعكاسه على عاكسات على سطْح الْقمر .

الْقمرُ الْمُتراجعُ

الْأرْض

مدار الْقمر

شُعاعُ ليزر

متوسط نصف قطر المدار :
٢٣٠٤٠٠ ميل
زمن الدورة : ٢٧.٣ يوما

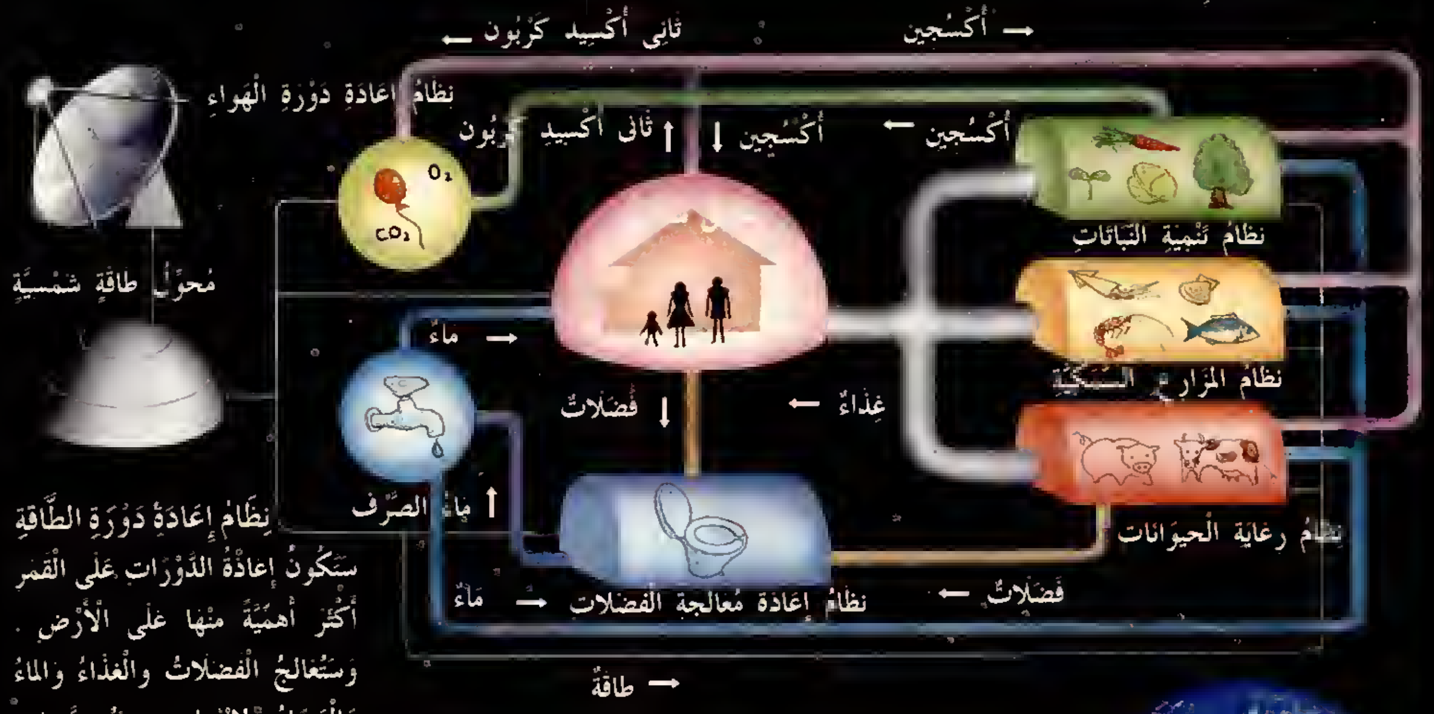
# هَلْ يَسْتَطِيعُ الْبَشَرُ الْحَيَاةَ عَلَى الْقَمَرِ؟

اَلْقَمَرُ عَالَمٌ مَيِّتٌ ، فَلَيْسَ بِهِ هَوَاءٌ لِلتَّنَفُّسِ ، أَوْ مَاءٌ لِلشُّرْبِ ، أَوْ حَشَائِشُ أَوْ أَشْجَارٌ أَوْ أَىُّ نَوْعٍ مِن الْحَيَاةِ . وَتَتَرَاوحُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ عَلَى سَطْحِهِ بَيْنَ ٢٦٦°ف نَهَارًا ، ـــ ٢٠٠°ف خِلَال اللَّيْلِ الْقَمَرِىِّ الْمُمتَدِّ لِأُسْبُوعَيْنِ . وَقَدْ قَامَ الإِنْسَانُ بِزِيَارَاتٍ قَصِيرَةٍ لِلْقَمَرِ ـــ رُوَّادُ فَضَاءِ أَبُولُّلو ١٢ـــ ، وَيَتِمُّ التَّخْطِيطُ الطَّمُوحُ لِبِنَاءِ قَوَاعِدَ بَشَرِيَّةٍ دَائِمَةٍ عَلَيْهِ . وَفِى الْبِدَايَةِ ، سَيَكُونُ عَلَى الْمُسَافِرِينَ لِزِيَارَةِ الْقَمَرِ أَنْ يَأْخُذُوا مَعَهُمْ كُلَّ غِذَائِهِمْ وَمَائِهِمْ وَهَوَائِهِمْ مِن الْأَرْضِ ، وَلَكِنْ قَدْ يَتِمُّ إِنْتَاجُ هَذِهِ الضَّرُورِيَّاتِ عَلَى الْقَمَرِ فِيمَا بَعْدُ . وَقَدْ يَأْتِى الْيَوْمُ الَّذِى تُوجَدُ فِيهِ مُدُنٌ كَامِلَةٌ عَلَى الْقَمَرِ تَعِيشُ فِيهَا آلَافُ الْأَفْرَادِ فِى رَاحَةٍ وَأَمَانٍ .

جَوْلَةٌ على عربة قمريّة. فى عام ١٩٧٢ ، اسْتَخْدم رُوَّادُ الْفضاء فى أبولُّلو ١٧ هذه العربة الْبشعة لاسْتِكْشاف سطح الْقمر وجمْع عيِّنات من صخوره .

■ بَيْتٌ عَلَى الْقَمَرِ

## أَنْظِمَةٌ لِاسْتِمْرَارِ الْحَيَاةِ




### نِظَامُ إِعَادَةِ دَوْرَةِ الطَّاقَةِ

سَتَكُونُ إِعَادَةُ الدَّوْرَاتِ عَلَى الْقَمَرِ أَكْثَرَ أَهَمِّيَّةً مِنْهَا عَلَى الْأَرْضِ. وَسَتُعَالَجُ الْفَضَلَاتُ وَالْغِذَاءُ وَالْمَاءُ وَالْهَوَاءُ لِإِنْتَاجِ ضَرُورِيَّاتِ الْحَيَاةِ. وَسَيَنْمُو النَّبَاتُ فِى بُيُوتٍ زُجَاجِيَّةٍ حَيْثُ يُسْتَخْدَمُ ثَانِى أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ النَّاتِجُ عَنْ تَنَفُّسِ الْإِنْسَانِ، وَيُنْتِجُ الْأُكْسُجِينَ اللَّازِمَ لِلتَّنَفُّسِ.

سَيُبْنَى مَصْنَعٌ لِتَنْقِيَةِ الْمَعَادِنِ الْمَوْجُودَةِ عَلَى سَطْحِ الْقَمَرِ مِثْلِ السِّيلِيكُون وَالْأَلُومُونْيُوم وَأُكْسِيدِ الْكَالْسِيُوم الْمُسْتَخْدَمَةِ لِصِنَاعَةِ الْأَسْمَنْتِ. وَلَنْ يَكُونَ مِنَ الضَّرُورِىِّ إِرْسَالُ مِثْلِ هَذِهِ الْمَوَادِّ مِنَ الْأَرْضِ.

نَظَرًا لِارْتِفَاعِ تَكْلِفَةِ إِرْسَالِ وَقُودِ الصَّوَارِيخِ إِلَى الْقَمَرِ، قَدْ يُبْنَى مَنْجَنِيقٌ ضَخْمٌ لِيُرْسِلَ شِحْنَةً مِنَ الْقَمَرِ لِتُلَاقِىَ سَفِينَةً فَضَائِيَّةً فِى مَدَارِهَا.

مَرْكَبَةٌ قَمَرِيَّةٌ

الْمَرَايَا الْمُقَعَّرَةُ سَتُجَمِّعُ وَتُرَكِّزُ الطَّاقَةَ الشَّمْسِيَّةَ لِتَوْلِيدِ الْكَهْرَبَاءِ لِلْقَاعِدَةِ الْقَمَرِيَّةِ.

صُفُوفُ الْبَطَّارِيَّاتِ الشَّمْسِيَّةِ سَتُجَمِّعُ الطَّاقَةَ الشَّمْسِيَّةَ خِلَالَ النَّهَارِ الْقَمَرِىِّ الْمُمْتَدِّ لِأُسْبُوعَيْنِ.

# 5 النُّجُومُ

نُشَاهِدُ فِي اللَّيْلِ آلافَ النُّجُومِ ، وَنَرَى فِي النَّهَارِ نَجْمًا وَاحِدًا هُوَ الشَّمْسُ الْقَرِيبَةُ . وَتَبْعُدُ عَنَّا بَاقِي النُّجُومِ بِآلافِ بَلايِينِ الْأَمْيَالِ . وَفِي بَاطِنِ النُّجُومِ حَيْثُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ مَلايِينُ الدَّرَجَاتِ ، تَنْدَمِجُ ذَرَّاتُ الْهِيدْرُوجِين لِتُكَوِّنَ نَوَيَاتِ هِيلْيُوم وَتَنْطَلِقُ الطَّاقَةُ . وَفِي النُّجُومِ الأَكْبَرِ كُتْلَةً مِن الشَّمْسِ ، يَنْتُجُ عَنِ الِانْدِمَاجِ النَّوَوِيِّ عَنَاصِرُ أَثْقَلُ مِن الْهِيدْرُوجِين وَالْهِيلْيُوم مِثْلَ الْكَرْبُون وَالْأُكْسُجِين . أَمَّا الْعَنَاصِرُ الْأَثْقَلُ مِن الْحَدِيدِ فَتَتَكَوَّنُ إِذَا زَادَتْ كُتْلَةُ النَّجْمِ عَنْ ١٠ أَمْثَالِ الشَّمْسِ ، وَانْكَمَشَتْ حَوْلَ لُبِّهَا ثُمَّ انْفَجَرَتْ فِيمَا يُعْرَفُ بِالسُّوبَرْنُوفَا . وَيَطْغَى لَمَعَانُ السُّوبَرْنُوفَا عَلَى جَمِيعِ نُجُومِ مَجَرَّتِهَا ، ثُمَّ تُعْتِمُ . وَعَادَةً لَا يَتَبَقَّى سِوَى لُبٍّ صَغِيرٍ كَثِيفٍ جِدًّا يُسَمَّى نَجْمًا نُيُوتْرُونِيًّا . أَوْ قَدْ يَضْغَطُ السُّوبَرْنُوفَا النَّجْمَ إِلَى نُقْطَةٍ ذَاتِ كَثَافَةٍ لَانِهَائِيَّةٍ ، تُسَمَّى الثَّقْبَ الْأَسْوَدَ لَايُمكِنُ أَنْ يَهْرُبَ مِنْهَا أَيُّ شَيْءٍ حَتَّى الضَّوْءُ . وَالنُّجُومُ كَبِيرَةُ الْكُتْلَة ، عُمْرُهَا قَصِيرٌ نِسْبِيًّا ، بَيْنَمَا النُّجُومُ مِثْلُ الشَّمْسِ يُمْكِنُهَا الِاحْتِرَاقُ بِانْتِظَامٍ مُدَّةَ ١٠ بِلْيُون سَنَةٍ أَوْ أَكْثَر . وَالنُّجُومُ الْأَقَلُّ كُتْلَةً ، تَحْتَرِقُ بِلَمَعَانٍ أَقَلَّ ، وَلَكِنَّهَا تَعِيشُ أَكْثَر .وَتُوَلَدُ النُّجُومُ عِنْدَمَا تَنْكَمِشُ سَحَابَةٌ كَبِيرَةٌ مِن الْغَازِ وَالْغُبَارِ إِلَى دُوَّامَاتٍ مُرَكَّزَةٍ عَالِيَةِ الْكَثَافَةِ . وَقَدْ تُنْتِجُ السَّحَابَةُ الْوَاحِدَةُ عَشَرَاتِ النُّجُومِ . وَبَيْنَمَا تَعْمَلُ الْجَاذِبِيَّةُ عَلَى تَرْكِيزِ الْغَازِ ، تَرْتَفِعُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ وَالضَّغْطُ حَتَّى تَبْدَأَ التَّفَاعُلَاتُ النَّوَوِيَّةُ وَتَتَّقِدُ النُّجُومُ الَّتِي تَبْعَثُ الضَّوْءَ وَالْحَرَارَةَ . وَقُرْصُ الْغَازِ وَالْغُبَارُ الدَّائِرُ حَوْلَ نَجْمٍ جَدِيدٍ قَدْ يَحْتَوِي عَلَى كُلِّ الْعَنَاصِرِ اللَّازِمَةِ لِتَكْوِينِ كَوَاكِبَ . وَشَمْسُنَا وَأَرْضُنَا ، بَلْ وَنَحْنُ أَيْضًا نَتَكَوَّنُ مِنْ عَنَاصِرَ نَتَجَتْ فِي مَرَاكِزِ النُّجُومِ الْقَدِيمَةِ وَالسُّوبَرْنُوفَات . فَسُبْحَانَ اللهِ الْخَالِقِ الْمُصَوِّرِ الْمُبْدِعِ .

سَحَابَةٌ ضَخْمَةٌ مِن الْغَازِ وَالْغُبَارِ أَنْتَجَتْ كُتَلًا وَدُوَّامَاتٍ تَتَكَثَّفُ إِلَى نُجُومٍ جَدِيدَةٍ



# لماذا يكون للنجوم ألوان؟

يُوجَدُ فِي كَوْكَبَةِ الْجَبَّارِ أَحَدُ النُّجُومِ الْحَمْرَاءِ اللَّامِعَةِ وَهُوَ أبط الجوزة ، وَأَحَدُ النُّجُومِ الزَّرْقَاءِ اللَّامِعَةِ وَهُوَ رَجُل الْجَبَّارِ ، وَبَاقِي النُّجُومِ غَالِبًا نُجُومٌ بَيْضاءُ . وَتَسْطَعُ النُّجُومُ بِأَلْوَانٍ مُخْتَلِفَةٍ لِأَنَّ كُتْلَتَهَا مُخْتَلِفَةٌ وَلِأَنَّهَا تَحْتَرِقُ فِي دَرَجَاتِ حَرَارَةٍ مُخْتَلِفَةٍ ، كَمَا أَنَّهَا مُكَوَّنَةٌ مِنْ عَنَاصِرَ مُخْتَلِفَةٍ . وَيَسْتَخْدِمُ الْفَلَكِيُّونَ الْمِطْيَافَ لِتَحْلِيلِ الْأَلْوَانِ ، فَيُشَتِّتُ ضَوْءَ النَّجْمِ كَمَا يَفْعَلُ الْمَطَرُ حِينَ يُشَتِّتُ ضَوْءَ الشَّمْسِ إِلَى قَوْسِ قُزَحٍ . وَأَطْيَافُ ضَوْءِ النُّجُومِ بِهَا خُطُوطٌ قَاتِمَةٌ تُسَمَّى خُطُوطَ الامْتِصَاصِ تَتَكَوَّنُ بِوَاسِطَةِ الْعَنَاصِرِ الْمَوْجُودَةِ فِي جَوِّ النَّجْمِ .



## قِرَاءَةُ طَيْفِ نَجْمٍ

عِنْدَمَا يَمُرُّ الضَّوْءُ خِلَالَ مَنْشُورٍ فَإِنَّهُ يَتَشَتَّتُ إِلَى طَيْفٍ شَمْسِيٍّ مُسْتَمِرٍّ (أعلى يسار). وَالْغَازَاتُ الْمَوْجُودَةُ فِي طَبَقَاتِ الْجَوِّ الْخَارِجِيِّ لِلنُّجُومِ تَمْتَصُّ أَطْوَالًا مَوْجِيَّةً مُعَيَّنَةً مِنَ الضَّوْءِ ، فَتَتْرُكُ فَرَاغَاتٍ أَوْ خُطُوطًا مُظْلِمَةً فِي الطَّيْفِ النَّجْمِيِّ (أعلى وسط). وَيَمْتَصُّ كُلُّ عُنْصُرٍ ، طُولًا مَوْجِيًّا مُعَيَّنًا . وَبِنَفْسِ الطَّرِيقَةِ ، فَإِنَّ الْغَازَاتِ الْبَالِغَةَ السُّخُونَةِ قَدْ تُنْتِجُ ضَوْءًا لَهُ طُولٌ مَوْجِيٌّ مُعَيَّنٌ ، فَتَحْدُثُ خُطُوطُ إِشْعَاعٍ مُضِيئَةٌ . (أعلى — سفلى). وَبِقِرَاءَةِ مَجْمُوعَةِ الْخُطُوطِ الْمُظْلِمَةِ أَوِ الْمُضِيئَةِ فِي طَيْفِ النَّجْمِ ، يُمْكِنُ تَحْدِيدُ الْعَنَاصِرِ الْمَوْجُودَةِ فِي النَّجْمِ ، وَدَرَجَةِ حَرَارَةِ سَطْحِهِ .

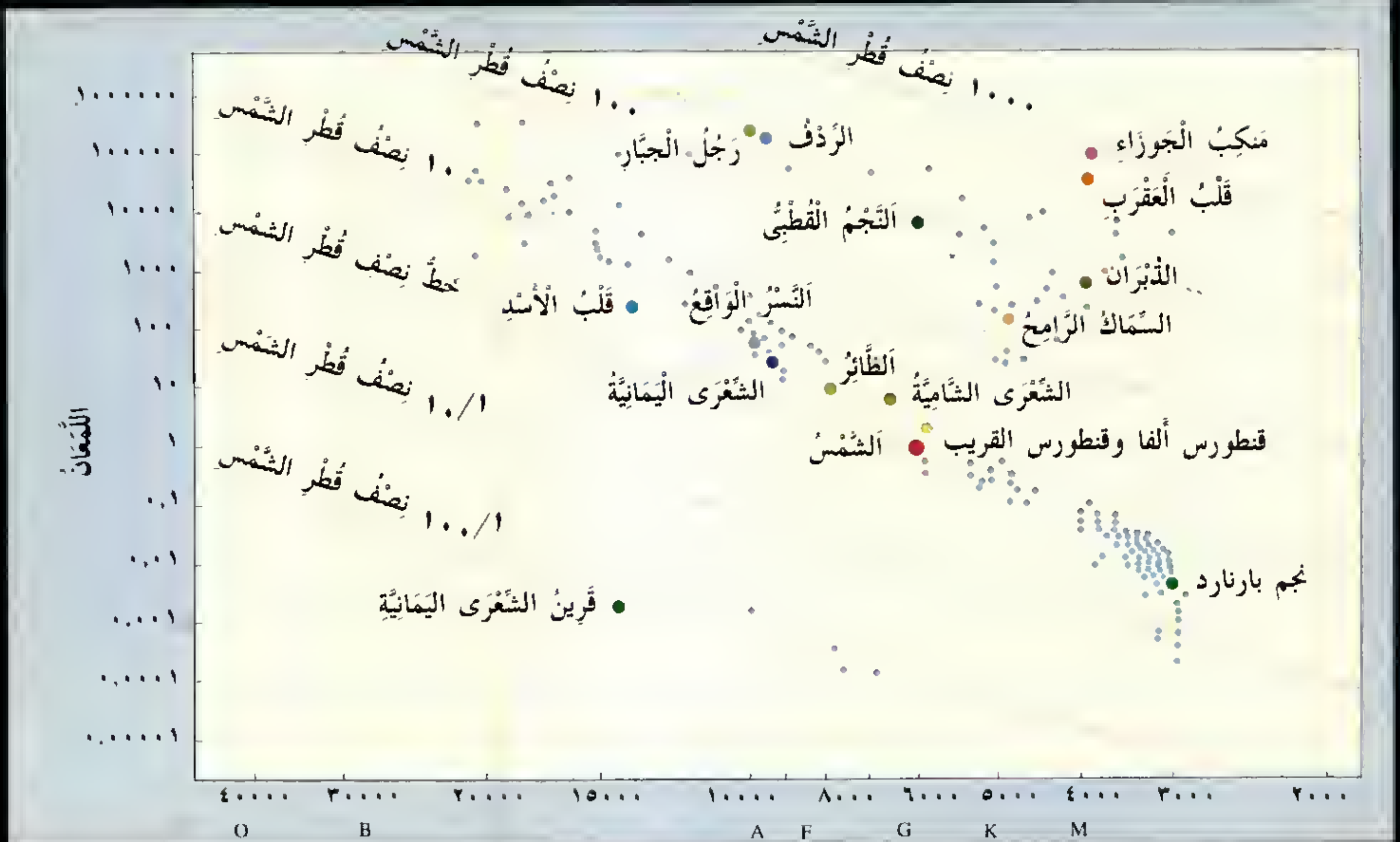


## طَيْفٌ نَجْمِيٌّ

بَعْدَ دِرَاسَةِ أَطْيَافِ النُّجُومِ ، قَسَّمَ الْفَلَكِيُّونَ النُّجُومَ إِلَى سَبْعِ مَرَاتِبَ طَيْفِيَّةٍ رَئِيسِيَّةٍ هِيَ : O,B,A,F,G,K,M. النُّجُومُ السَّاخِنَةُ الزَّرْقَاءُ أَوِ الْبَيْضَاءُ مِنْ مَرْتَبَةِ : O,B,A الْبَارِدَةُ الْحَمْرَاءُ M. وَتَقَعُ الشَّمْسُ بَيْنَهُمَا فِي مَرْتَبَةِ G. وَيَتَذَكَّرُ طُلَّابُ الْفَلَكِ الْمَرَاتِبَ الطَّيْفِيَّةَ مِنَ الْحَرْفِ الْأَوَّلِ مِنْ كَلِمَاتِ الْعِبَارَةِ :

Oh, Be A Fine Gay, Keep Moving

● رسم بيانى هرتزبروج — رسل




الرَّسْمُ البيانِىُّ هرتزبروج — رسل يُوضِّحُ الْعلاقَةَ بيْن اللَّمعان وَنَوْعِ الطَّيف أَوْ دَرَجةِ حرارة السَّطْح للنُّجوم . الْمِحْوَرُ الرَّأسِىُّ يُبَيِّنُ لَمَعَانَ النُّجوم ، والمحْورُ الأُفُقىُّ يُبَيِّنُ نَوْعَ الطَّيف . وَالنُّجومُ البيْضاءُ السَّاخنةُ إلى الْيسار ، والنُّجومُ الْبارِدَةُ الحمْراءُ إلى الْيمين . ويُمْكن تَحديدُ نِصفِ قُطْرِ النَّجمِ مِنْ درجةِ حرارتِهِ ولمعانِهِ . وتُوجدُ مُعْظَمُ النُّجومِ فِى المجْموعَةِ المنحدِرةِ الْواقِعَةِ مِنْ أَعْلَى الْيسارِ إِلَى أَسْفلِ الْيمِين ، وَالْمُسَمَّاةِ خطُّ التَّابعِ الرَّئيسِىِّ . والنُّجومُ الْعِمْلاقَةُ الْحمْراءُ تَقعُ فى أَعْلَى الْيمينِ ، وَالنُّجومُ الْقَزَمِيَّةُ عِنْد أَسْفلِ الْيَسارِ .

منكب الجوزاء (نجم أحمر)

أحْجامُ النُّجوم

الشَّمْس : ١
الشِّعْرى اليَمانِيَّة : ١٫٨
الشِّعْرى الشَّامِيَّة : ٢٫٢
النَّسْرُ الْواقِعُ : ٣
السِّماكُ الرَّامِحُ : ٢٤
الدَّبَران : ٦٠
منكب الجوزاء : ٩٠٠
قلب العقرب ٢٣٠

# لِماذا تكون بعضُ النُّجومِ شديدةَ اللَّمعانِ؟

يتوقَّفُ لمعانُ النّجم — كما يُرى من الأَرْض — على درجة حرارته ، وكُتلته وبُعْده عن الأَرْض . ويُصنِّفُ الْفلكيُّون النُّجُوم حسْب لمعانها أَوْ أَقْدارها . وكُلَما قلَّ قدْرُ النَّجم ، زاد لمعانُهُ أَكْبر . فلمعانُ الْقدْر الأَوَّل لنجْم يُعادلُ ٢,٥ مرّة مثْل لمعان الْقدْر الثّانى ، الّذى يُعادلُ بالتّالى ٢,٥ مرّة مثْل لمعان الْقدْر الثّالث . والنُّجومُ الأخفتُ من الْقدْر السّادس لا تُرى بالْعيْن الْمُجرّدة . وبما أنَّ النُّجوم الْمُختلفة على أبْعاد مُخْتلفةٍ من الأَرْض ، فإنَّ هذا النّظام لتعْيين الْقدْرِ الظّاهرىّ لا يُبيِّنُ مقْدار اللّمعان الْحقيقىِّ للنّجْم . ولتحْديد اللّمعان الْمطْلق أو اللّمعان الذّاتىّ لنجْم ، يحسبُ الْفلكيُّون كيْف سيكُونُ لمعانُ النّجْم إذا كان على بُعْد ٣٢,٦ سنة ضوْئيّة (حوالى ٢٠٠ تريليون ميل) من الأَرْض . ويُمْكنُهُمْ تحْديدُ سبب لمعان النّجْم ، هلْ لأنَّهُ مُضيءٌ ، أمْ لأنّهُ قريبٌ .




اللّمعانُ الظّاهرىّ

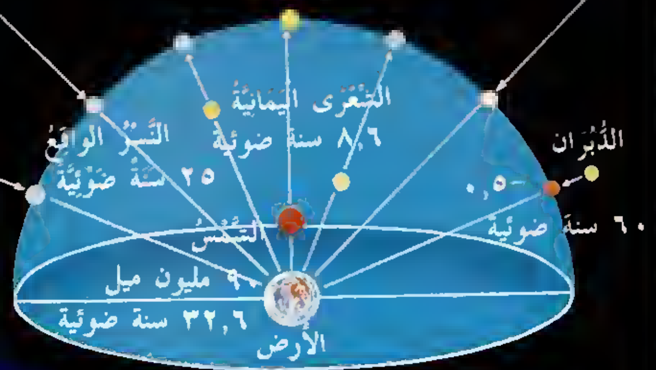
يتوقَّفُ اللّمعانُ الظّاهرىّ لنجْم على بُعْده عن الأَرْض . وإذا اقْتربت الشّمْسُ من الأَرْض ، تظْهرُ أكْبر وألْمعَ . وعنْدما تُرى منْ بُلُوتو ، تظْهرُ صغيرة ولا يزيدُ لمعانُها عن الزُّهرة كما تُرى من الأَرْض . ويتناسب اللّمعان تناسُبًا عكْسيًا مع مُربّع الْمسافة : فمنْ ضعْف بُعْدها ، تظْهرُ الشّمْسُ بِرُبْع لمعانها الْحالى .

الْقدْرُ الظّاهرىّ

يُوجدُ فى الْجبّار نجْمان من الْقدْر الأَوّل هما : منْكبُ الْجوْزاء ورجْل الْجبّار . فالْقدْرُ الظّاهرىّ لمنْكب الْجوْزاءِ ٠,٤ ولكنّهُ على بُعْد ٥٠٠ سنة ضوْئيّة . فإذا كان على بُعْد ٣٢,٦ سنة ضوْئيّة فإنَّ قدْرهُ يُصْبحُ -٥,٥ . ورجْل الْجبّار على بُعْد ٧٠٠ سنة ضوْئيّة . وقدْرهُ الظّاهرىّ ٠,١ ، ولكنَّ قدْرهُ الذّاتىَّ -٦,٦ .

## اَلْقَدْرُ الذَّاتِيُّ وَالْبُعْدُ

قَدْ يَكُونُ نَجْمٌ أَلْمَعَ مِنَ الشَّمْسِ آلافَ الْمَرَّاتِ ، وَلَكِنَّهُ بَعِيدٌ جِدًّا فَلَا يُرَى مِنَ الْأَرْضِ . وَلِتَصْحِيحِ مُشْكِلَةِ الْبُعْدِ ، يُحَرِّكُ الْفَلَكِيُّونَ كُلَّ النُّجُومِ إِلَى بُعْدِ ٣٢,٦ سَنَةً ضَوْئِيَّةً . فَإِذَا كَانَتِ الشَّمْسُ عَلَى هَذَا الْبُعْدِ (بدلا من ٨ دقائق ضوئية) فَسَيَقِلُّ لَمَعَانُهَا الظَّاهِرِيُّ مِنْ قَدْرِ -٢٦,٧ إِلَى الْقَدْرِ +٤,٨ .




اللمعان الظاهرى

٠,٤ — ١,٦ — ١,٧ — ١,٨ — ٢,٢ — ٠,١ — ٢,١

١٥٠٠ سنة ضوئية

١٣٠٠ سنة ضوئية

١٥٠٠ سنة ضوئية

٥٠٠ سنة ضوئية

٤٠٠ سنة ضوئية

٧٠٠ سنة ضوئية

النَّجْمُ

## اَلْقَدْرُ الذَّاتِيُّ وَالْحَجْمُ

يَتَوَقَّفُ سُطُوعُ النَّجْمِ عَلَى حَجْمِهِ . وَيَتَنَاسَبُ الْقَدْرُ الذَّاتِيُّ لِنَجْمٍ تَنَاسُبًا طَرْدِيًّا مَعَ مُرَبَّعِ نِصْفِ قُطْرِهِ . فَالشِّعْرَى الْيَمَانِيَّةُ A مَثَلًا أَلْمَعُ ١٠٠٠٠ مَرَّةٍ مِنْ قَرِينِهِ الشِّعْرَى الْيَمَانِيَّةِ B ، لِأَنَّهُ ضِعْفُ حَجْمِ الشَّمْسِ بَيْنَمَا قَرِينُهُ فِي حَجْمِ الْأَرْضِ .




سَنَةٌ ضَوْئِيَّةٌ = ٦ تريليون ميل

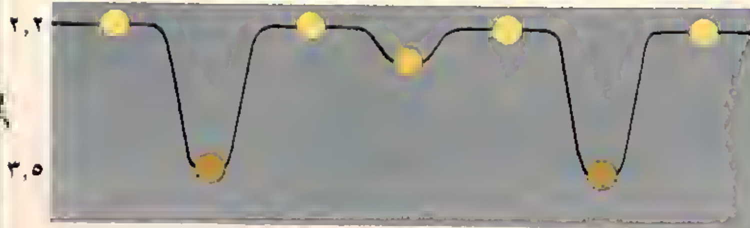
# ما هِىَ النُّجُومُ المتغيِّرَةُ ؟

نَعْتَمِدُ عَلَى الشَّمْسِ كَمصْدَرٍ لِلضَّوْءِ وَالطَّاقَةِ ، وَلَكِنْ لَيْسَتْ كُلُّ النُّجُومِ مُسْتَقِرَّةً مِثْلَهَا . وَبَعْضُ النُّجُومِ تَخْفِقُ أَوْ تَنْبِضُ ، فَتُومِضُ ثُمَّ تَخْبُو ثَانِيَةً خِلَالَ فَتْرَةٍ زَمَنِيَّةٍ تَخْتَلِفُ مِنْ سَاعَاتٍ قَلِيلَةٍ إِلَى عِدَّةِ مِئَاتِ الْأَيَّامِ . وَهُنَاكَ نَوْعَانِ مِن النُّجُومِ المتغيِّرةِ : النُّجُومُ الْمُتَغَيِّرَةُ كُسُوفِيًّا — مِثْلُ نَجْمِ الْغولِ — هِىَ نُجُومٌ مُزْدَوِجَةٌ أَوْ ثُنَائِيَّةٌ يَدُورُ أَحَدُهُمَا حَوْلَ الْآخَرِ ، وَقَدْ يَمُرُّ أَمَامَهُ عِنْدَمَا يُرَى مِن الْأَرْضِ . وَتَتَغَيَّرُ كَمِّيَّةُ الضَّوْءِ الْمُنْبَعِثَةُ مِن النَّجْمِ الثُّنَائِىِّ حَسْبَ وَضْعِ النَّجْمَيْنِ بِالنِّسْبَةِ لِلْمرَاقِبِ مِن الْأَرْضِ . أَمَّا النُّجُومُ المتغيِّرَةُ ذَاتِيًّا فَهِىَ نُجُومٌ مُفْرَدَةٌ تَتَمَدَّدُ وَتَنْكَمِشُ فِى دَوْرَةٍ مُنتظِمَةٍ . وَهِىَ عَادَةً نُجُومٌ عِمْلَاقَةٌ مِثْلُ مِيرَا ، الَّذِى أَصْبَحَتْ تفَاعُلَاتُهُ النَّوَوِيَّةُ غَيْرَ مُسْتَقِرَّةٍ مَعَ تَقَدُّمِ عُمْرِهِ . وَتَتَأَلَّقُ عِنْدَمَا تَنْكَمِشُ ، وَتَخْفُتُ عِنْدَمَا تَتَمَدَّدُ .

يَتَذَبْذَبُ مِيرَا النَّجْمُ الْعِملَاقُ الْأَحْمَرُ مِنْ لَامِعٍ (أسفل يمين) إِلَى خافِتٍ (أسفل يسار) خِلَالَ دَوْرَةٍ مُنتظِمَةٍ مِن الِانْكِمَاشِ وَالتَّمَدُّدِ



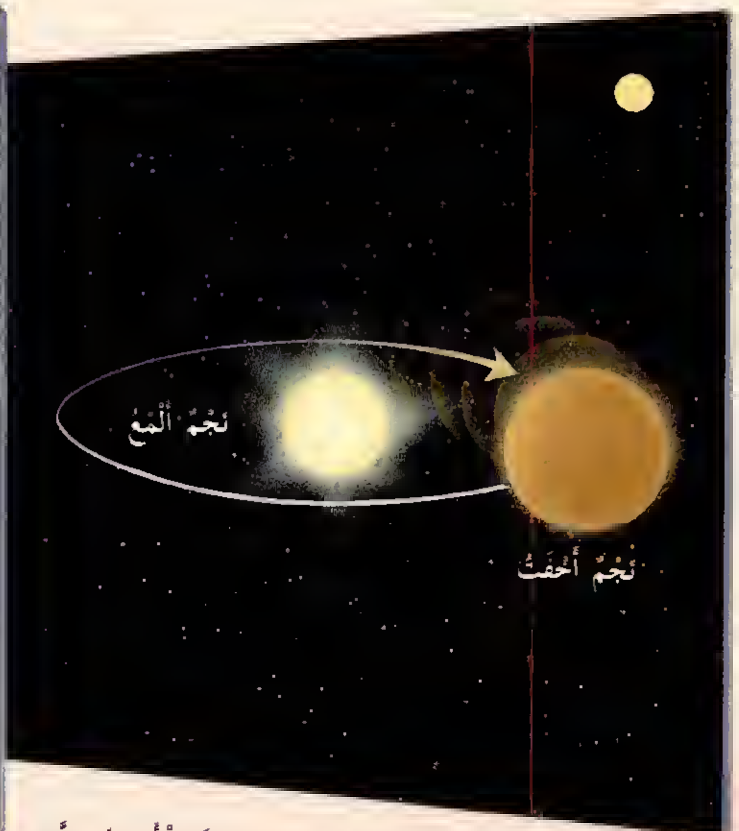
▲ مُدَّتُهَا ٣٣٢ يَوْمًا . وَيَتَغَيَّرُ قَدْرُ مِيرَا مِنْ ٢,٠ إِلَى ١٠,١ . وَكَلِمَةُ مِيرَا فِى اللَّاتِينِيَّةِ مَعْنَاهَا شَىْءٌ عَجِيبٌ . وكَانَ هُوَ أَوَّلَ نَجْمٍ مُتَغيِّرٍ تَمَّ اكْتِشَافُهُ . وَقَدْ حَدَّدَ مَكَانَهُ الْفَلَكِىُّ الْأَلْمَانِىُّ الْهَاوِى دَافِيد فابريسيوس عام ١٥٩٦ .




قَدْرُ نَجْمِ الْغُولِ يَتَغيَّرُ مِنْ ٢,٢ إلى ٣,٥

## ● كُسُوفُ نَجْمِ الْغُولِ

يُعْرَفُ نَجْمُ الْغُولِ بِالشَّيْطَانِ الْغَمازِ (أسفل). وَبِدِرَاسَتِهِ لِأَوَّلِ مَرَّةٍ عَام ١٦٦٩ ، وُجِدَ أَنَّهُ يَتَكَوَّنُ مِنْ نَجْمَينِ مُخْتَلِفِى اللَّمعَانِ . وَلِأَنَّ النَّجْمَ الْأَخْفَتَ يَمُرُّ أَمَامَ رَفِيقِهِ ، كَمَا يُرَى مِن الْأَرْضِ ، فَإِنَّ نَجمَ الْغُولِ يُومِضُ وَيُعْتِمُ بِقَدْرٍ حَوَالَى ١,٣ . وَيَحْدُثُ الْكُسُوفُ مَرَّةً كُلَّ ٦٩ سَاعَةً .



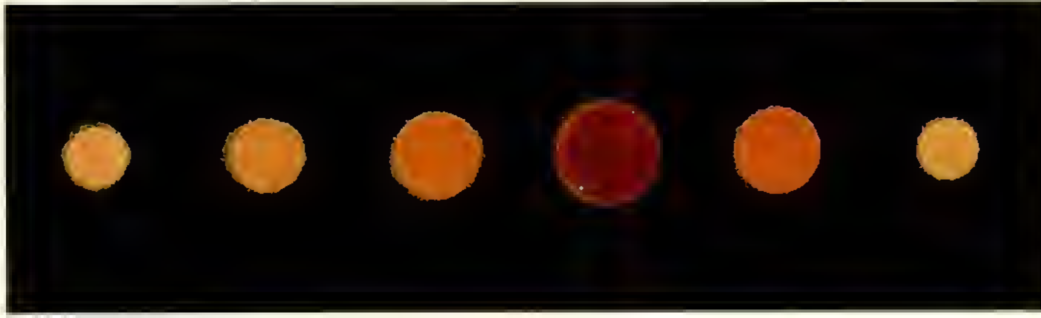

▲ نَجْمٌ خَافِتٌ يَدُورُ حَوْلَ الْأَسَاسِىِّ اللَّامِعِ



▲ يَكْسِفُ ضَوْءَ النَّجْمِ الْأَسَاسِىِّ

● مُتغيِّراتُ الْقِيفاوِيَّاتِ

اَلْقِيفَاوِيَّاتُ هِيَ نُجومٌ مُتغيِّرَةٌ مُتَنَبِّضَةٌ تَتمَدَّدُ وَتَنْكَمِشُ فِي دَوْرَاتٍ تَتَرَاوَحُ بَيْنَ يومٍ ، ٥٠ يَوْمًا . وَيَرْجِعُ لَمعَانُهَا إِلَى دَوْرَةِ تَغَيُّرِهَا ، ويُمكِنُ تَحْدِيدُ الْقَدْرِ الذَّاتِي لِقِيفَاوِيٍّ مِنْ دَوْرَتِهِ . وَمِنْ هَذِهِ الْبَيَانَاتِ يَحْسِبُ الْفَلكِيُّ المسَافَةَ إِلَى أَيِّ قِيفَاوِيٍّ .

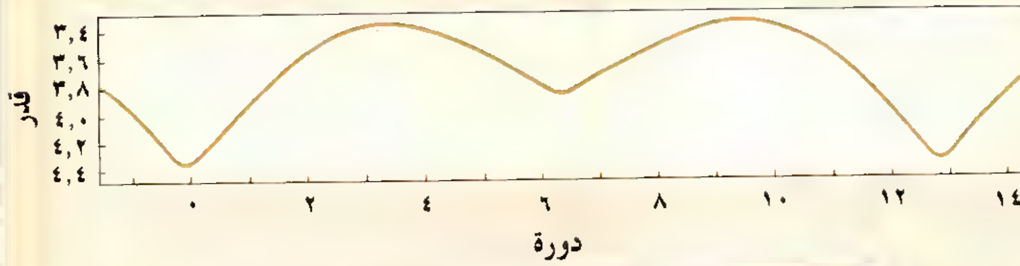


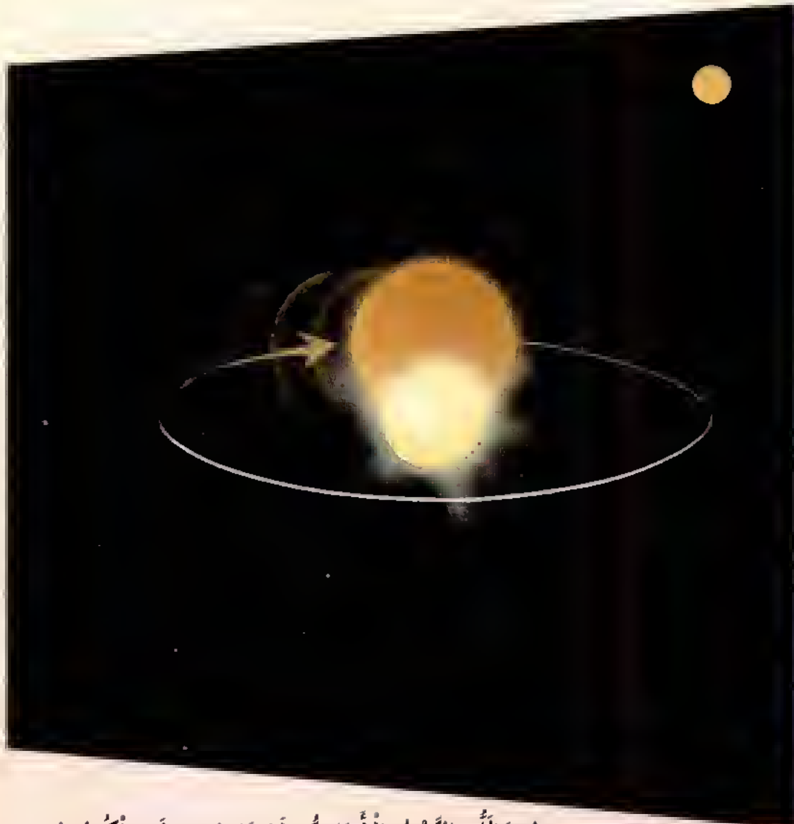



● نَجْمُ بِيتا السَّلْياق (لِيرَا) الكُسُوفي

بِيَتا السَّلْيَاقِ هُوَ مُتغيِّرٌ كُسُوفِيٌّ حَيَّرَ الْفَلَكِيِّينَ طَوِيلًا . وَمُنْحَنَى ضَوْئِهِ المرَكَّبِ قَدْ يَكُونُ نَتِيجَةَ تَبَادُلِ الْكُتْلَةِ بَيْنَ نَجْمَيْهِ ، اللَّذَيْنِ يَدُورَانِ فِي تَقَارُبٍ شَدِيدٍ بَيْنَهُمَا . وَجَاذِبِيَّةُ النَّجْمِ الْأَكْبَرِ كُتْلَةً يَجْذِبُ الْغَازَاتِ بَعِيدًا عَنْ رَفِيقِهِ (قرينه). وكَمَا يُرَى مِن الْأَرْضِ ، فَإِنَّ قُرْصَ الْغَازَاتِ حَوْلَ النَّجْمَيْنِ ، يُخْفِيهِمَا جُزْئِيًّا .





▲ يَظَلُّ النَّجْمُ الْأَسَاسِيُّ لَامِعًا فِي هَذَا الْكُسُوفِ .



▲ النَّجْمُ الْأَسَاسِيُّ يَخرُجُ مِن الْكُسُوفِ .

# مَا هُوَ السُّوبرنُوفَا (فَوْقَ الْبُرَاقِ) ؟

عِنْدَمَا يَسْتَهْلِكُ نَجْمٌ عَجُوزٌ هَائِلُ الْكُتْلَةِ كُلَّ وَقُودِهِ الْهِيدْرُوجِينِى ، فَإِنَّهُ يَبْدَأُ فِى إِحْرَاقِ الْهِيلْيوم والْكَرْبُوْن الْمَوْجُودِ فِى لُبِّهِ . وَبِدُونِ الْهِيدْرُوجِين ، لَا يُوجَدُ ضَغْطٌ كَافٍ فِى اللُّبِّ لِإِحْدَاثِ التَّوَازُنِ لِلْجَذْبِ الدَّاخِلِىِّ النَّاتِجِ عَنْ كُتْلَتِهِ الْخَارِجِيَّةِ الْكَبِيرَةِ . وَتَعْمَلُ الْجَاذِبِيَّةُ عَلَى انْكِمَاشِ النَّجْمِ ، وَضَغْطِ اللُّبِّ . فَيَحْدُثُ انْفِجَارٌ عَنِيفٌ يُسَمَّى السُّوبَرْنُوفَا ، وَتُقْذَفُ غَازَاتُ النَّجْمِ الْبَاقِيَةُ إِلَى الْفَضَاءِ .

وَلِلَحْظَةٍ قَصِيرَةٍ ، يَطْغَى بَرِيقُ السُّوبَرْنُوفَا عَلَى كُلِّ نُجُومِ الْمَجَرَّةِ . ثُمَّ يُعْتِمُ بَعْدَ ذَلِكَ ، وَقَدْ يَتَبَقَّى فَقَط اللُّبُّ الْكَثِيفُ الْمتَكَوِّنُ بِالْكَامِلِ مِنْ نُيوتْرُونَاتٍ . أَوْ قَدْ يَتَكَوَّنُ ثَقْبٌ أَسْوَدُ أَكْبَرُ كَثَافَةً لَهُ قُوَّةُ جَاذِبِيَّةٍ كَبِيرَةٌ قَادِرَةٌ عَلَى مَنْعِ ــ حَتَّى الضَّوْءِ رَغْمَ سُرْعَتِهِ الْقُصْوَى ــ الْهَرَبِ مِنْهُ .

إِحْتِرَاقُ لُبٍّ مِن الْهِيلْيُوم

احْتِرَاقُ لُبٍّ مِن الْكَرْبُون

بِدَايَةُ الْكِمَاشِ بِالْجَاذِبِيَّةِ

لُبٌّ مِن الْحَدِيدِ

مَوْجَاتٌ تَصَادُمِيَّةٌ

الْكِمَاشُ بِالْجَاذِبِيَّة

لُبٌّ مِن النُّيُوتْرُونَات

مَوْجَاتٌ تَصَادُمِيَّةٌ

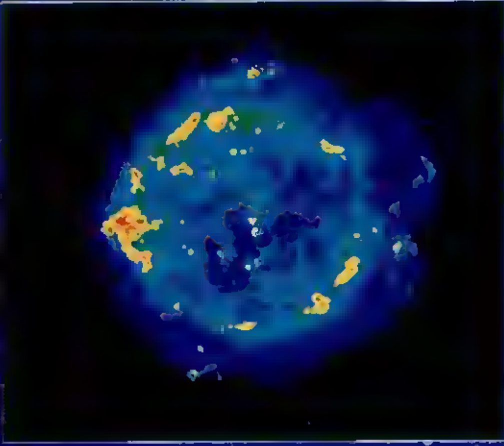
لُبٌّ مِن النُّيُوتْرُونَات

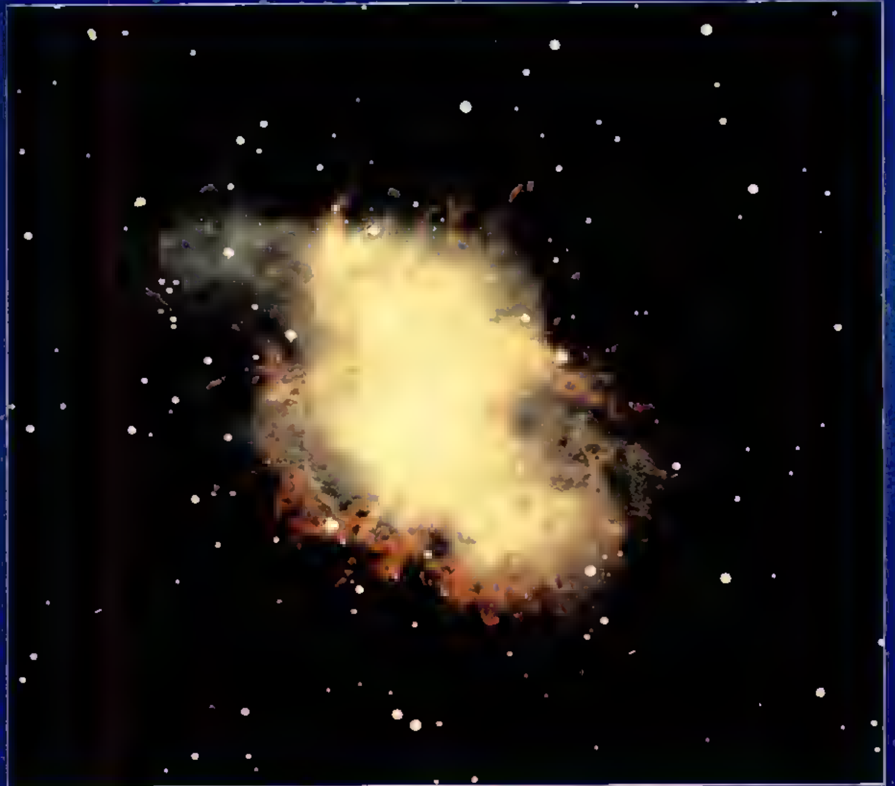
غازاتٌ ساخنةٌ

### اَلنَّوْعُ الثَّانِى لِلسُّوبَرْنُوفا

يَحْدُثُ سُوبَرْنُوفَا مِنْ نَوْعٍ ثَانٍ عِنْدَمَا يَسْتَهْلِكُ نَجْمٌ كُتْلَتُهُ ١٠ أَمْثَالِ الشَّمْسِ أَوْ أَكْثَرِ ، كُلَّ وَقُودِهِ النَّوَوِى . وَهَذِهِ النُّجُومُ الْكَبِيرَةُ الْمُسَمَّاةُ فَوْقَ الْعِمْلَاقَةِ الْحَمْرَاءِ ، لَا يُمْكِنُهَا بَعْدَ ذَلِكَ أَنْ تُوَلِّدَ طَاقَةً نَوَوِيَّةً كَافِيَةً لِلاحْتِفَاظِ بِكُتْلَتِهَا الْكَبِيرَةِ . وَيَبْدَأُ الْكِمَاشُ بِالْجَاذِبِيَّةِ ، يَضْغَطُ اللُّبَّ إِلَى كَثَافَةٍ عَالِيَةٍ جِدًّا ، وَيُثِيرُ سَيْلًا مِنَ الدَّقَائِقِ يَقْذِفُ الْغِلَافَ الْغَازِىَ لِلنَّجْمِ بَعِيدًا . وَقَدْ يُوَلِّدُ الِانْدِمَاجُ النَّوَوِىُّ فِى دَاخِلِ النُّجُومِ عَنَاصِرَ ثَقِيلَةً مِثْلَ الْحَدِيدِ . وَيُعْتَقَدُ أَنَّ جَمِيعَ الْعَنَاصِرِ الْأَثْقَلِ مِنَ الْحَدِيدِ قَدْ نَتَجَتْ أَثْنَاءَ انْفِجَارَاتِ السُّوبَرْنُوفَا .

سُوبَرْنُوفَا (فوق براق)





تُراثُ السُّوبَرْنُوفَا . سَدِيمُ السَّرَطَانِ (يمين) هُوَ غِلَافٌ غَازِيٌّ مُتَمَدِّدٌ قَذَفَهُ سُوبَرْنُوفَا عَامَ ١٠٥٤ . وَفِي مَرْكَزِهِ . نَجْمٌ نُيُوتْرُونِيٌّ سَرِيعُ الدَّوَرَانِ . ذَاتُ الْكُرْسِيِّ A (أعلى) هِيَ الْمُتَبَقِّيَةُ مِنْ سُوبَرْنُوفَا عَامِ ١٥٧٢ ، وَيُعْتَقَدُ بِوُجُودِ ثَقْبٍ أَسْوَدَ فِي مَرْكَزِهِ .

قَزَمٌ أَبْيَضُ

عِمْلَاقٌ أَحْمَرُ

## النَّوْعُ الْأَوَّلُ لِلسُّوبَرْنُوفَا

يَحْدُثُ النَّوْعُ الْأَوَّلُ لِنَجْمَيْنِ فِي نِظَامٍ ثُنَائِيٍّ . فَيَتَحَوَّلُ النَّجْمُ الْأَثْقَلُ إِلَى عِمْلَاقٍ أَحْمَرَ أَوَّلًا ، مُتَمَدِّدًا بِالْقُرْبِ مِنْ رَفِيقِهِ . وَيَسْتَمِرُّ رَفِيقُهُ فِي قَلْبِ الْغَازَاتِ مِنَ النَّجْمِ الْكَبِيرِ حَتَّى يُصْبِحَ قَزَمًا أَبْيَضَ . وَيَنْتَفِخُ الرَّفِيقُ إِلَى عِمْلَاقٍ أَحْمَرَ . وَيُسْلَبُ بِوَاسِطَةِ النَّجْمِ الثَّانِي . وَبِمُرُورِ الْوَقْتِ تُسْتَنْفَدُ الْمَادَّةُ الْغَازِيَّةُ ، وَلَا يَتَبَقَّى سِوَى قَزَمَيْنِ أَبْيَضَيْنِ . وَيَخْتَلِفُ النَّوْعُ الْأَوَّلُ لِلسُّوبَرْنُوفَا عَنْ نَوْعِهِ الثَّانِي ، فِي أَنَّ النَّوْعَ الْأَوَّلَ يُعْتَقَدُ أَنَّهُ لَا يَتَخَلَّفُ عَنْهُ شَيْءٌ .

يُسَمَّى السُّوبَرْنُوفَا أَيْضًا الْمُتَجَدِّدَ الْأَعْظَمَ .

# مَا هُوَ السَّدِيمُ ؟

اَلْأَصْلُ اللَّاتِينِيُّ لِكَلِمَةِ سَدِيم بِمَعْنَى سَحَابَةٍ . وَالسَّدِيمُ هُوَ سَحَابَةٌ بَيْنَ النُّجُومِ وَيَتَكَوَّنُ مِن الْهَيدْرُوجِين وَالْهِيلْيُوم وَالتُّرَابِ الْكَوْنِي . وَتُولَدُ النُّجُومُ مِنْ تَكَثُّفِ مِثْلِ هَذِهِ السَّحَابَاتِ . وَعِنْدَمَا يَكُونُ نَجْمٌ بِالْقُرْبِ مِنْ سَدِيمٍ ، فَإِنَّ ضَوْءَهُ يَنْعَكِسُ مِن السَّحَابِ وَيَظْهَرُ السَّدِيمُ مُتَأَلِّقًا . وَحَشْدُ نَجْمِ الثُّرَيَّا هُوَ مِثَالٌ عَلَى هَذَا السَّدِيمِ الِانْعِكَاسِيِّ . وَالْأَشِعَّةُ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ مِن النَّجْمِ خِلَالَ سَدِيمٍ قَدْ تُثِيرُ ذَرَّاتِ الْهَيدْرُوجِين فِي السَّحَابَةِ وَتَجْعَلُهَا تَتَوَهَّجُ بِضَوْءٍ ذَاتِيٍّ . وَسَدِيمُ الْجَبَّارِ هُوَ مِثَالٌ عَلَى هَذَا السَّدِيمِ الْإِشْعَاعِيِّ . وَالسُّدُمُ الْأُخْرَى قَدْ تَكُونُ مُظْلِمَةً لِأَنَّ الْغُبَارَ فِي السَّحَابَةِ يَحْجُزُ خَلْفَهُ ضَوْءَ النُّجُومِ وَالْغَازَاتِ .



سَدِيمُ أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةِ هُوَ سَدِيمٌ إِشْعَاعِيٌّ لَهُ شَكْلٌ غَرِيبٌ وَلَكِنَّهُ مَأْلُوفٌ .



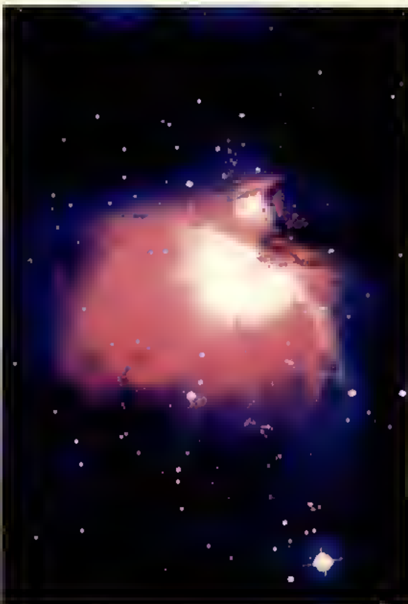
اَلثُّرَيَّا ، سَدِيمٌ انْعِكَاسِيٌّ











سَدِيمٌ إِشْعَاعِيٌّ فِي الْجَبَّارِ

### حَضَانَةٌ نَجْمِيَّةٌ

تُولَدُ النُّجُومُ عِنْدَمَا يَنْقَسِمُ السَّدِيمُ — أَحْيَانًا بِسَبَبِ مَوْجَاتٍ صَدْمِيَّةٍ مِنْ فَوْقِ بُرَاقٍ قَرِيبٍ — ثُمَّ يَنْكَمِشُ . وَتَتَكَثَّفُ النُّجُومُ السَّاخِنَةُ الشَّابَّةُ ، عَادَةً فِي نِثَارٍ مِنْ عِدَّةِ عَشَرَاتٍ ، كَمَا فِي هَذَا السَّدِيمِ فِي كَوْكَبَةِ الْجَبَّارِ . وَتَتَكَوَّنُ النُّجُومُ بِصِفَةٍ رَئِيسِيَّةٍ فِي أَذْرُعِ الْمَجَرَّاتِ الْحَلَزُونِيَّةِ ، مِثْلَ الطَّرِيقِ اللَّبَنِيِّ ، حَيْثُ تَشِيعُ السُّدُمُ .









عِنْدَمَا يَتَمَدَّدُ نَجْمٌ عَجُوزٌ إِلَى عِمْلَاقٍ أَحْمَرَ ، فَإِنَّهُ يَتَخَلَّصُ مِنْ أَغْلِفَتِهِ الْغَازِيَّةِ ، الَّتِي تَتَوَهَّجُ كَحَلَقَاتٍ مِنَ الْإِشْعَاعِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيِّ لِلنُّجُومِ .

اَلسَّدِيمُ الْحَلْقِيُّ فِي السَّلْيَاقِ .







الْغُبَارُ يَحْجُزُ ضَوْءَ النُّجُومِ ، مُحْدِثًا بُقْعَةً سَوْدَاءَ فِي السَّمَاءِ .

سَدِيمُ رَأْسِ الْحِصَانِ الْمُظْلِمِ .

# كَيْفَ تَكَوَّنَ حَشْدُ الثُّرَيَّا ؟

١ يَبْدَأُ مَوْلِدُ النَّجْمِ عِنْدَمَا يَنْقَسِمُ السَّدِيمُ بِوَاسِطَةِ مَوْجَةٍ صَدْمِيَّةٍ ، ثُمَّ يَنْكَمِشُ .

سَحَابَةٌ بَيْنَ نَجْمِيَّةٌ

٢ تَتَكَثَّفُ السَّحَابَةُ الْمُنْكَمِشَةُ إِلَى نُجُومٍ شَابَّةٍ سَاخِنَةٍ . وَالْأَشِعَّةُ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ الْمُنْبَعِثَةُ تُوَلِّدُ مِنْطَقَةً عَالِيَةَ الْكَثَافَةِ .

جُزْءٌ أَكْثَفُ من السَّحَابَةِ بَيْنَ النَّجْمِيَّةِ

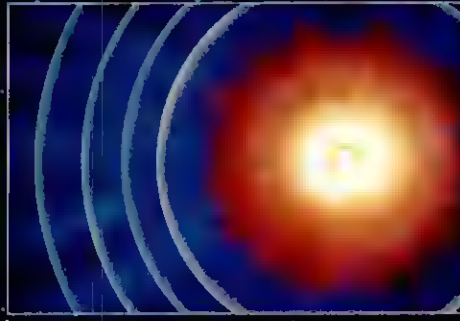
نَجْمٌ مَوْلُودٌ حَدِيثًا

الثُّرَيَّا هَدَفٌ مُحَبَّبٌ لِلْفَلَكِيِّينَ الْهُوَاةِ . فَبِوَاسِطَةِ تِلِسْكُوبٍ صَغِيرٍ أَوْ مِنْظَارٍ ثُنَائِيٍّ يُمْكِنُهُمْ رُؤْيَةُ مِئَاتٍ مِنْ هَذِهِ النُّجُومِ الزَّرْقَاءِ ــ الْبَيْضَاءِ فِي أُمْسِيَاتِ أَوَاخِرِ الشِّتَاءِ وَبِدَايَةِ الرَّبِيعِ .



الثُّرَيَّا مِنْ أَجْمَلِ الْمَنَاظِرِ فِي السَّمَاءِ لَيْلًا . وَهِيَ حَشْدٌ نَجْمِيٌّ فِي كَوْكَبَةِ الثَّوْرِ . وَتُسَمَّى الثُّرَيَّا أَحْيَانًا الْأَخَوَاتِ السَّبْعَ لِأَنَّ مُعْظَمَ النَّاسِ لَا يَرَوْنَ بِالْعَيْنِ الْمُجَرَّدَةِ سِوَى سَبْعَةِ نُجُومٍ فَقَطْ . وَفِي الْحَقِيقَةِ يَتَكَوَّنُ الْحَشْدُ مِنْ حَوَالَيْ ٣٠٠٠ نَجْمٍ . وَقَدْ يَقِلُّ عُمْرُ الثُّرَيَّا عَنْ ١٠٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ ، وَلِذَلِكَ تُعْتَبَرُ مِنَ النُّجُومِ الشَّابَّةِ الَّتِي نَرَاهَا . وَمِنَ الْمُحْتَمَلِ أَنَّهُ تُولَدُ نُجُومٌ جَدِيدَةٌ فِي هَذَا الْحَشْدِ ، وَالْعَمَلِيَّةُ الْمُوَضَّحَةُ عَلَى هَذِهِ الصَّفَحَاتِ سَتَسْتَمِرُّ إِلَى أَنْ يَنْتَهِيَ الْغَازُ وَالْغُبَارُ فِي السَّدِيمِ . وَالْوَمِيضُ الْأَزْرَقُ الْمُحِيطُ بِالثُّرَيَّا يَحْدُثُ بِسَبَبِ انْعِكَاسِ ضَوْءِ النُّجُومِ مِنَ السَّدِيمِ الَّذِي تُوجَدُ فِيهِ .







## إحْداثُ وِلادَةِ نَجْمٍ

قَدْ يَظَلُّ سَدِيمٌ دُونَ اضْطِرابٍ لِبَلايِينِ السِّنِينَ . وَلِكَيْ تَبْدأَ وِلادَةُ نَجْمٍ ، يَجِبُ أَنْ تَحْدُثَ صَدْمَةٌ خارِجِيَّةٌ تُسَبِّبُ انْكِماشَ السَّحابَةِ . وَقَدْ تَحْدُثُ الصَّدْمَةُ بِواسِطَةِ : (١) اضْطِرابٍ فِي الْأَذْرُعِ الْحَلَزُونِيَّةِ لِمَجَرَّةٍ ، قَدْ يَنْتُجُ عَنْ تَصادُمِ مَجَرَّتَيْنِ . (٢) انْفِجارٍ فَوْقَ بَرّاقٍ (سوبرنوفا) قَرِيبٍ . (٣) إِشْعاعٍ فَوْقَ بَنَفْسَجِيٍّ مِنْ نَجْمٍ جَدِيدٍ

٣ تَعْمَلُ الْجاذِبِيَّةُ عَلَى زِيادَةِ انْكِماشِ مِنْطَقَةِ كَثافَةِ السَّحابَةِ ، وَتُنْتِجُ مَوادَّ لِجِيلٍ جَدِيدٍ مِنَ النُّجُومِ

٤ يَسْتَمِرُّ التَّفاعُلُ الْمُتَسَلْسِلُ لِمَوْلِدِ نَجْمٍ بَيْنَما يُنْتِجُ الْجِيلُ الْجَدِيدُ مِنَ النُّجُومِ الشّابَّةِ مَزِيدًا مِنَ الْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ ، الَّتِي بِدَوْرِها تَزِيدُ كَثافَةَ ما تَبَقَّى مِنْ غازٍ وَغُبارٍ فِي السَّحابَةِ .

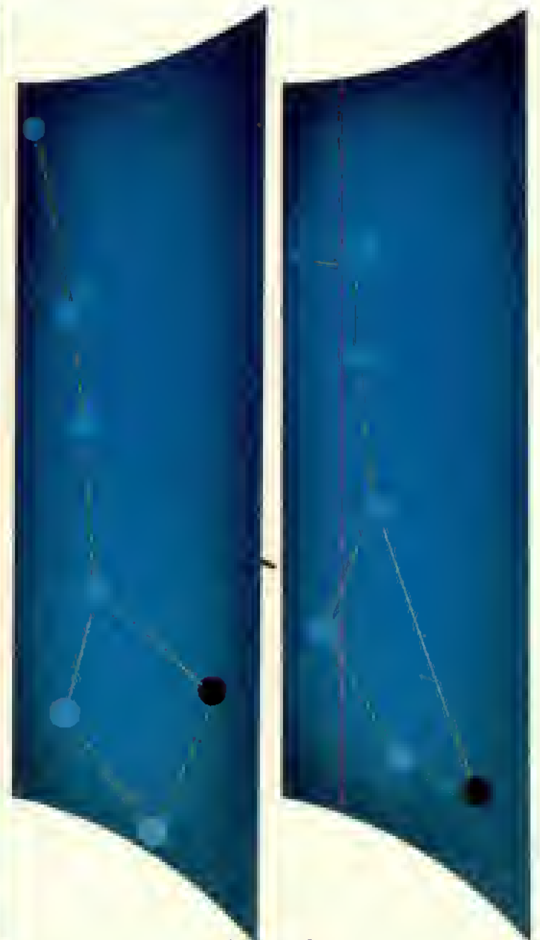
٥ يَسْتَمِرُّ تَكَوُّنُ نُجُومٍ جَدِيدَةٍ حَتَّى يَسْتَهْلِكَ الْغازَ وَالْغُبارَ فِي السَّحابَةِ .

# هَلْ تَتَغَيَّرُ الْكَوْكَبَاتُ ؟

يَتَغَيَّرُ مَوْضِعُ الْكَوَاكِبِ فِي السَّمَاءِ مِنْ لَيْلَةٍ لِأُخْرَى ، وَلَكِنَّ النُّجُومَ لَا تَبْدُو أَنَّهَا تَتَحَرَّكُ . وَفِي الْحَقِيقَةِ فَإِنَّ النُّجُومَ تَتَحَرَّكُ بِاسْتِمْرَارٍ ، فَبَعْضُهَا يَتَحَرَّكُ بِسُرْعَةٍ كَبِيرَةٍ وَلَكِنَّهَا بَعِيدَةٌ جِدًّا لِدَرَجَةِ أَنَّهُ لَا يُمْكِنُ اكْتِشَافُ حَرَكَتِهَا بِالْعَيْنِ الْمُجَرَّدَةِ . وَفِي عَامِ ١٧١٨ كَانَ الْفَلَكِيُّ الْبِرِيطَانِيُّ إِدْمُونْدهَالِي هُوَ أَوَّلَ مَنِ اكْتَشَفَ مَا يُعْرَفُ بِالْحَرَكَةِ الصَّحِيحَةِ لِلنُّجُومِ . وَهَذِهِ الْحَرَكَةُ دَقِيقَةٌ جِدًّا لِدَرَجَةِ أَنَّهُ لَا يُمْكِنُ اكْتِشَافُهَا إِلَّا خِلَالَ فَتْرَةِ بِضْعِ سَنَوَاتٍ . فَالْآنَ ـــ مَثَلًا ـــ نُعَرِّفُ نَجْمَ الْقُطْبِيَّةِ بِأَنَّهُ النَّجْمُ الْقُطْبِيُّ لِأَنَّهُ يُوجَدُ فَوْقَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ . وَتَظْهَرُ جَمِيعُ النُّجُومِ كَأَنَّهَا تَدُورُ حَوْلَهُ ، فَأَصْبَحَ هَذَا النَّجْمُ هَامًّا لِلْمِلَاحَةِ . وَلَكِنْ فِي قَدِيمِ الزَّمَانِ ، كَانَ نَجْمُ الْقُطْبِيَّةِ فِي مَوْضِعٍ آخَرَ فِي السَّمَاءِ وَلَمْ يُسْتَخْدَمْ كَنَجْمٍ إِرْشَادِيٍّ . وَتُغَيِّرُ جَمِيعُ النُّجُومِ أَمَاكِنَهَا مِثْلَ نَجْمِ الْقُطْبِيَّةِ ، وَبَعْدَ آلَافِ السِّنِينَ فَإِنَّ جَمِيعَ الْكَوْكَبَاتِ ـــ الْمَعْرُوفَةِ سَتَكُونُ غَيْرَ مَعْرُوفَةٍ بِالْمَرَّةِ .



يَسْهُلُ تَمْيِيزُ كَوْكَبَةِ الدُّبِّ الْأَكْبَرِ . وَلَكِنْ كُلُّ نَجْمٍ مِنْ نُجُومِهَا السَّبْعَةِ عَلَى بُعْدٍ مُخْتَلِفٍ مِنَ الْأَرْضِ . وَيَتَحَرَّكُ كُلُّ نَجْمٍ فِي اتِّجَاهٍ مُخْتَلِفٍ .

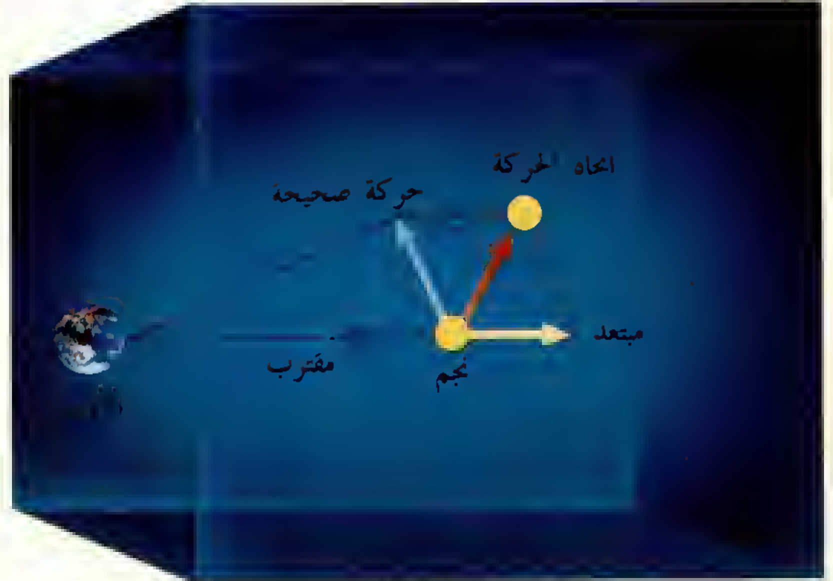





بَعْدَ ١٠٠٠٠٠ سَنَةٍ مِنَ الْآنَ مُنْذُ ١٠٠٠٠٠ سَنَةٍ

## حَرَكَاتُ النُّجومِ

تَحديدُ حَرَكَاتِ النُّجومِ قَدْ يَسْتغْرِقُ سَنَوَاتٍ مِن الْمُرَاقَبَةِ الدَّوْرِيَّةِ . فَأَلْفَا قَنْطُورِس — مَثَلًا — وَهُوَ أَقْرَبُ نَجْمٍ لِلشَّمْسِ ، يَسْتَغْرِقُ ٥٠٦ سَنَوَاتٍ لِيَتَحَرَّكَ بِمِقْدَارِ الِاتِّسَاعِ الظَّاهِرِيِّ لِلْقَمَرِ الْكَامِلِ . وَمِنْ حُسْنِ الْحَظِّ ، أَنَّ الْفَلَكِيِّينَ يُمْكِنُهُمُ اسْتِخْدَامُ طُرُقٍ أُخْرَى لِقِيَاسِ حَرَكَةِ نَجْمٍ ، وَهِيَ ظَاهِرَةُ دُوبْلَر فَمَوْجَاتُ الضَّوْءِ ، (أو الصوت) الْمُنْبَعِثَةُ مِنْ جِسْمٍ مُتَحَرِّكٍ تُغَيِّرُ طُولَهَا طِبْقًا لِحَرَكَةِ الْجِسْمِ نَحْوَ أَوْ بَعِيدًا عَنِ الْمُرَاقِبِ . وَمَوْجَاتُ الضَّوْءِ الْمُنْبَعِثَةُ مِنْ نَجْمٍ يَقْتَرِبُ ، تَقْصُرُ أَىْ أَنَّهَا تُزَاحُ نَحْوَ النِّهَايَةِ الزَّرْقَاءِ فِى الطَّيْفِ . وَالضَّوْءُ الصَّادِرُ مِنْ نَجْمٍ يَبْتَعِدُ يُزَاحُ فِى الِاتِّجَاهِ الْمُضَادِّ ، أَىْ نَحْوَ الْأَحْمَرِ . وَبِقِيَاسِ مِقْدَارِ الْإِزَاحَةِ ، يُمْكِنُ حِسَابُ سُرْعَةِ النَّجْمِ .




ظَاهِرَةُ دُوبْلَر



خُطُوطُ إِزَاحَةٍ زَرْقَاءُ فِى طَيْفٍ نَجْمِيٍّ



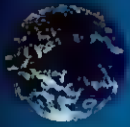
الْوَضْعُ الطَّبِيعِيُّ لِلْخُطُوطِ فِى الطَّيْفِ



خُطُوطُ إِزَاحَةٍ حَمْرَاءُ فِى طَيْفٍ نَجْمِيٍّ

### تَغَيُّرَاتٌ فِى الدُّبِّ الْأَكْبَرِ

تُبَيِّنُ الْأَسْهُمُ فِى هَذَا الرَّسْمِ اتِّجَاهَ حَرَكَةِ النُّجُومِ السَّبْعَةِ فِى الدُّبِّ الْأَكْبَرِ . وَبِمُضِيِّ الْوَقْتِ ، سَيَتَغَيَّرُ شَكْلُ الدُّبِّ الْأَكْبَرِ بِسَبَبِ الْحَرَكَاتِ الْمُنْفَصِلَةِ لِنُجُومِهِ السَّبْعَةِ . وَيَظْهَرُ فِى أَقْصَى الْيَسَارِ شَكْلُ الدُّبِّ الْأَكْبَرِ مُنْذُ ١٠٠٠٠٠ سَنَةٍ ، وَشَكْلُهُ بَعْدَ ١٠٠٠٠٠ سَنَةٍ مِنَ الْآنَ .



الْأَرْضُ

المترز
٧٠ سنة ضوئية

الأليّة
٦٠ سنة ضوئية

المغرز
٥٥ سنة ضوئية

الفخدة
٦٠ سنة ضوئية

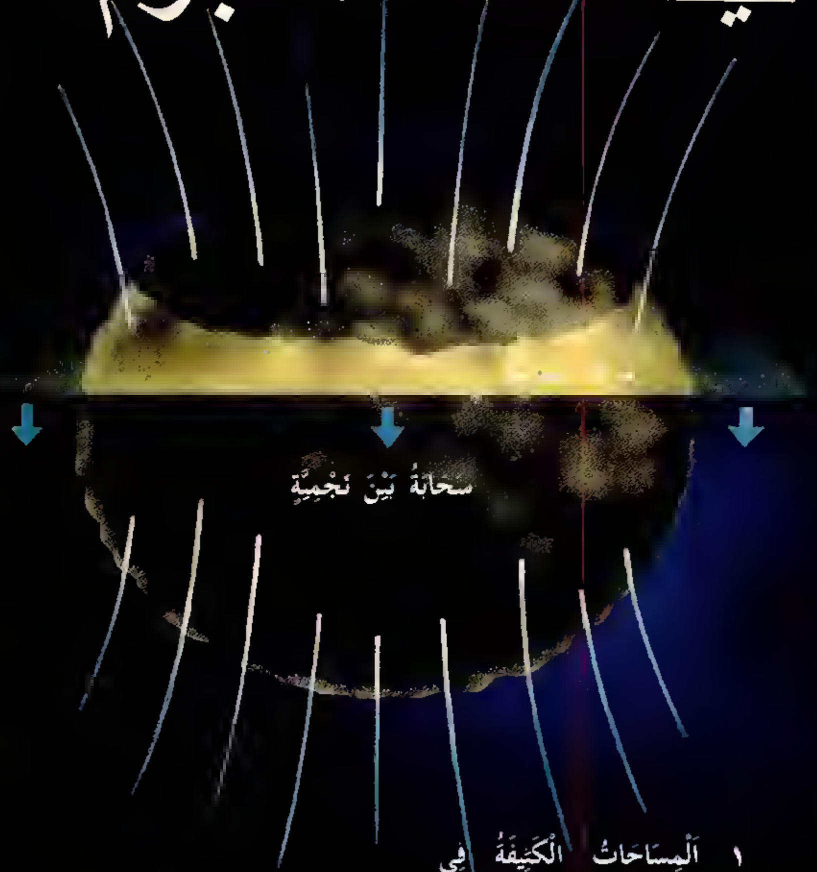
الدُّبة
٧٠ سنة ضوئية

الميراك
٧٠ سنة ضوئية

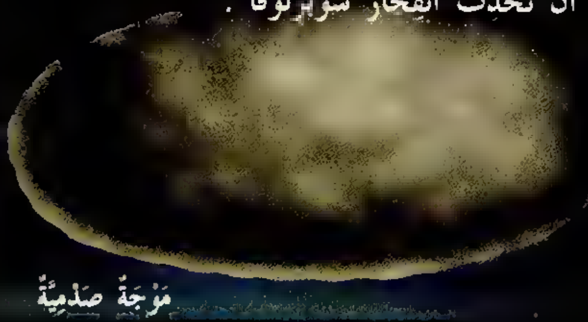
صفر ٢٥ ٥٠ ٧٥ ١٠٠
سنة ضوئية

# كَيْفَ تَنْشَأُ النُّجُومُ ؟

خَواصُّ أَىِّ نجمٍ تَقْلِيدِىٍّ فِى مُعْظَمِ فَتَراتِ حَياتِهِ ، تَقَعُ فِى خطِّ التَّتابُعِ الرَّئِيسِىِّ فِى الرَّسْمِ الْبَيانِىِّ هرتزسبرنج — رسل (ص ٧٩) . وَبِصِفَةٍ عامَّةٍ ، فَإِنَّ النُّجُومَ قَلِيلَةَ الْكُتْلَةِ لَها فَتَراتُ حَياةٍ أَطْوَلُ . وَالنَّجْمُ مُتَوَسِّطُ الْكُتْلَةِ مِثْلُ الشَّمْسِ ، تَمْتَدُّ حَياتُهُ إِلَى حَوالَى ١٠ بَلايِينَ سَنَةٍ . أَمَّا النُّجُومُ الْأَكْبَرُ كُتْلَةً مِن الشَّمْسِ فَيَكُونُ احْتِراقُها أَكْثَرَ لَمَعانًا وَلٰكِنَّها تَسْتَمِرُّ لِفَتْرَةٍ أَقْصَرَ . وَعِنْدَما يَسْتَهْلِكُ نجْمٌ فِى حَجْمِ الشَّمْسِ وَقُودَهُ النَّوَوِىَّ ، يَتَمَدَّدُ لِفَتْرَةٍ قَصِيرَةٍ إِلَى عِمْلاقٍ أَحْمَرَ ، ثُمَّ يَنْكَمِشُ وَيُصْبِحُ قَزَمًا أَبْيَض . وَالنُّجُومُ الثَّقِيلَةُ تَنْتَفِخُ لِتُصْبِحَ فَوْقَ عِمْلاقَةٍ قَبْلَ أَنْ تُحْدِثَ انْفِجارَ سُوبَرْنُوفا .




١ اَلْمَساحاتُ الْكَثِيفَةُ فِى سُحُبِ الْغازِ وَالْغُبارِ بَيْنَ النُّجُومِيَّةِ قَدْ تُثارُ لِتُحْدِثَ انْكِماشًا بِالْجاذِبِيَّةِ بِواسِطَةِ الْمَوْجاتِ الصَّدْمِيَّةِ .




٢ اَلسَّحابَةُ الْمُنكمِشَةُ تَتَشَكَّلُ تَدْرِيجِيًّا إِلَى قُرْصٍ كَثِيفٍ مُسَطَّحٍ يُشْبِهُ عَجِينَةَ الْفَطِيرَةِ .



٣ بَيْنَما تَنْكَمِشُ السَّحابَةُ ، يَبْدأُ الْمَرْكَزُ الْكَثِيفُ فِى الدَّوَرانِ بِسُرْعَةٍ مُكَوِّنًا كُتَلًا مُنْفَصِلَةً .

٤ وَتَزْدادُ الْكَثافَةُ فِى مَرْكَزِ كُلِّ كُتْلَةٍ ، وَيَبْدأُ نَجْمٌ فِى التَّكَوُّنِ . وَتَرْتَفِعُ دَرَجَةُ الْحَرارَةِ وَالضَّغْطِ .




٥ ثُمَّ يَتَبَدَّدُ الْقُرْصُ بَيْنَما تَهُبُّ رِياحٌ نَجْمِيَّةٌ قَوِيَّةٌ مِن النَّجْمِ الْأَوَّلِىِّ .

٦ دَرَجَةُ الْحَرارَةِ وَالضَّغْطِ فِى النَّجْمِ الْأَوَّلِىِّ تُثِيرُ التَّفاعُلاتِ النَّوَوِيَّةَ ، وَيَبْدَأُ النَّجْمُ فِى التَّأَلُّقِ .




## مَوْلِدُ نَجْم

تَتَوافَرُ الْموادُّ الْخامُ لِتَكَوُّنِ النُّجُومِ بِواسِطَةِ السُّحُبِ الْكَبِيرَةِ مِن الْغازِ وَالْغُبارِ فِى أَذْرُعِ الْمَجَرّاتِ الْحَلَزُونِيَّةِ . وَبِانْكِماشِ السَّحابَةِ تَزْدادُ الْكَثافَةُ فِى مَرْكَزِها ، فَتَرْتَفِعُ دَرَجَةُ الْحَرارَةِ وَالضَّغْطِ إِلَى دَرَجَةٍ كافِيَةٍ لِبَدْءِ التَّفاعُلاتِ النَّوَوِيَّةِ . وَقَدْ تَتَكَثَّفُ باقِى مادَّةِ السَّحابَةِ لِتُكَوِّنَ كَواكِبَ مِثْلَ كَواكِبِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ .

قزمٌ أبيض
قزمٌ أسْوَدُ
عِمْلاقٌ أحْمَرُ
نجْمٌ نيوترونى
سُوبِرْنوفا
ثقْبٌ أسْوَدُ
فَوْقَ عِمْلاق
نجْمٌ ثقيلٌ
نجْمٌ فى حجْم الشمس

## مَوْتُ نجْمٍ

عنْدما يسْتهْلكُ الْوقودُ النّوويُّ لنجْمٍ مِثْلِ الشّمْسِ ، فإنّهُ يتمدّدُ ليُصْبحَ عمْلاقًا أحْمرَ (أعلى) ، ثُمّ ينْكمشُ إلى قزمٍ أبيض ، والنُّجومُ ذاتُ ١٠ أمْثالِ الشّمْسِ كُتْلةً ، تمُوتُ فجْأةً فى انْفجارِ سُوبرْ نُوفَا مُثِير ، وتُخلّفُ وراءها نجْمًا نُيوتْرونيًّا أوْ ثُقْبًا أسْودَ .

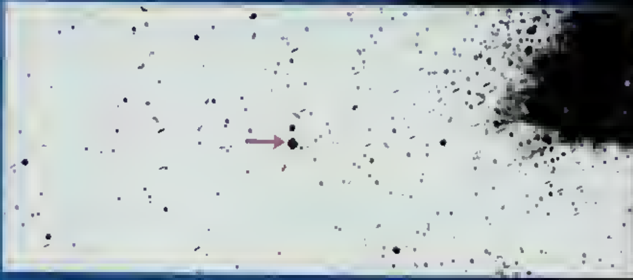
## [illegible]رم

[illegible] نجْمٌ مِثْلُ الشّمْسِ حوالَى ١٠ [illegible]لايينَ سنةٍ . أمّا النّجْمُ فى خمْسةِ أمْثالِ كُتْلةِ الشّمْسِ ، فيحْرِقُ وقُودَهُ أسْرعَ ويعيشُ ١٠٠ مِلْيون سنةٍ فقطْ . وكُلّما زادتْ كُتْلةُ النّجْمِ ، كُلّما كانتْ حياتُهُ أقْصرَ .

# هَلْ توجد ثُقُوبٌ سَوْدَاءُ ؟

يَعْتَقِدُ كَثِيرٌ مِن الْعُلَمَاءِ أَنَّهُ بَعْدَ انْفِجَارِ السُّوبَرْنُوفا يَنْكَمِشُ لُبُّ النَّجْمِ عَلَى نَفْسِهِ حَتَّى يُصْبِحَ نُقْطَةً لَانِهَائِيَّةَ الْكَثَافَةِ . وَتُصْبِحُ قُوَّةُ جَاذِبِيَّتِهَا كَبِيرَةً لِدَرَجَةِ تَعَذُّرِ هُرُوبِ أَيِّ شَيْءٍ مِنْهَا ، حَتَّى الضَّوْءِ ؟ وَفِي الْوَاقِعِ تَخْتَفِي الثُّقُوبُ السَّوْدَاءُ مِن الْكَوْنِ . وَالطَّبِيعَةُ الْخَاصَّةُ لِلثَّقْبِ الْأَسْوَدِ تَجْعَلُ مِنَ الْمُتَعَذِّرِ مُلَاحَظَتَهُ . وَلَكِنَّ الْمَادَّةَ تَتَجَمَّعُ حَوْلَ الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ ، بِمَا يُعْرَفُ بِالْقُرْصِ التَّرَاكُمِيِّ ، كَمَا أَنَّ النُّجُومَ الْعَادِيَةَ تُسْجَنُ فِي مَدَارٍ حَوْلَ الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ . وَبِالتَّدْرِيجِ ، تُجْذَبُ الْمَادَّةُ مِنَ الْقُرْصِ التَّرَاكُمِيِّ إِلَى الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ حَيْثُ تَخْتَفِي فِيهِ . فَتَسْخُنُ الْمَادَّةُ فِي طَرِيقِهَا مُتَسَارِعَةً نَحْوَ الثَّقْبِ وَتُطْلِقُ دَفَعَاتٍ مِن الْأَشِعَّةِ السِّينِيَّةِ الَّتِي يُمْكِنُ كَشْفُهَا . وَلِلْعُثُورِ عَلَى ثَقْبٍ أَسْوَدَ ، يَبْحَثُ الْفَلَكِيُّونَ عَنْ إِشَارَاتِ الْأَشِعَّةِ السِّينِيَّةِ ، وَعَنِ النُّجُومِ الْعَادِيَةِ الَّتِي تَبْدُو فِي مَدَارَاتٍ حَوْلَ جُزْءٍ فَارِغٍ فِي الْفَضَاءِ . وَقَدْ تَمَّ الْعُثُورُ عَلَى الْعَدِيدِ مِنْ رِفَاقِ الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ ، وَلَكِنَّ التَّأَكُّدَ مِن الْوُجُودِ الْحَقِيقِيِّ لِلثَّقْبِ الْأَسْوَدِ لَمْ يَتَحَقَّقْ بَعْدُ .



مَصْدَرٌ لِلْأَشِعَّةِ السِّينِيَّةِ فِي كَوْكَبَةِ الدَّجَاجَةِ يُعْرَفُ بِالدَّجَاجَةِ س ــ ١ (السهم) ، هُوَ مُرْشِدٌ لِثَقْبٍ أَسْوَدَ . تَقَعُ الدَّجَاجَةُ فِي الْأَذْرُعِ الْحَلَزُونِيَّةِ لِلطَّرِيقِ اللَّبَنِيِّ عَلَى بُعْدِ ٨٠٠٠ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ مِن الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ .

تَيَّارُ غَازٍ

فَوْقَ عِمْلَاقٍ

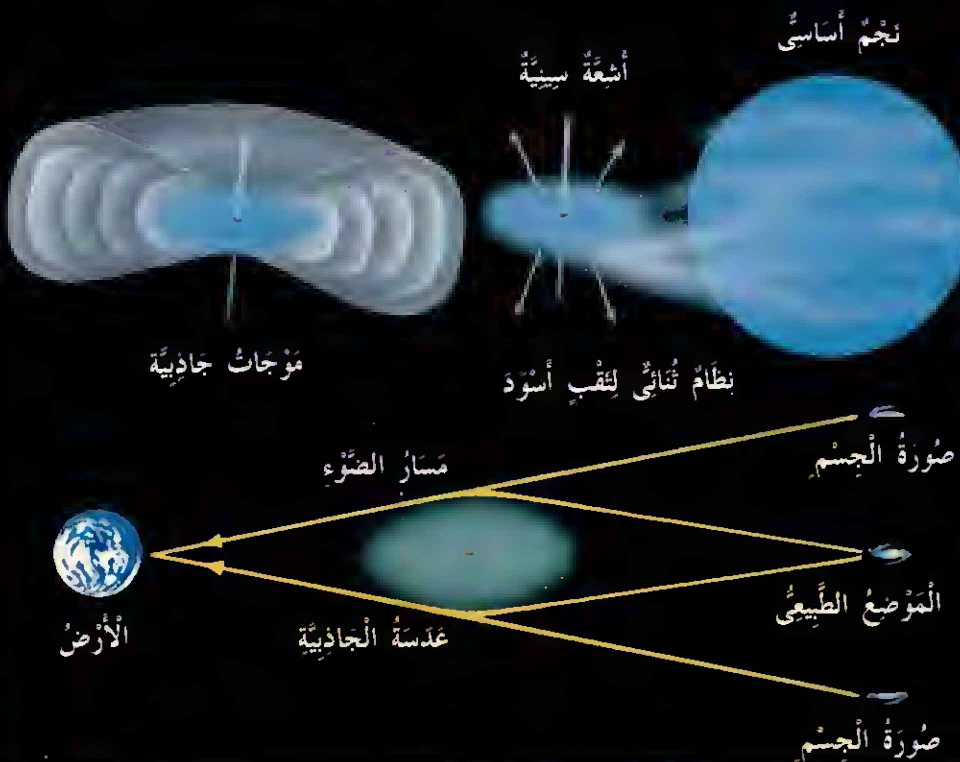
- سِينَارْيُو ثَقْبٍ أَسْوَدَ

النَّجْمُ فَوْقَ الْعِمْلَاقِ الْأَزْرَقِ الْأَبْيَضِ HDE ــ ٢٢٦٨٦٨ ، وَالَّذِي كُتْلَتُهُ ٢٠ مَرَّةً مِثْلَ الشَّمْسِ ، يُكَوِّنُ نِظَامًا ثُنَائِيًّا مَعَ رَفِيقٍ غَيْرِ مَرْئِيٍّ ــ قَدْ يَكُونُ ثَقْبًا أَسْوَدَ . وَيَظُنُّ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّ قُوَّةَ الْجَاذِبِيَّةِ الْهَائِلَةِ لِلثَّقْبِ الْأَسْوَدِ تَسْحَبُ تَدْرِيجِيًّا الْغَازَاتِ مِن النَّجْمِ الْعِمْلَاقِ ، وَأَنَّ الْغَازَاتِ تُكَوِّنُ قُرْصًا تَرَاكُمِيًّا حَوْلَ الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ . وَعِنْدَ الْحَافَةِ الدَّاخِلِيَّةِ لِلْقُرْصِ ، يَصِلُ الْغَازُ إِلَى أَقْصَى دَرَجَةِ حَرَارَةٍ قَبْلَ أَنْ يُجْذَبَ نِهَائِيًّا فِي الثَّقْبِ . وَعِنْدَمَا يَخْتَفِي ، يَبْعَثُ أَشِعَّةً سِينِيَّةً قَوِيَّةً ، يُمْكِنُ اكْتِشَافُهَا مِن الْأَرْضِ . وَيَظَلُّ الثَّقْبُ الْأَسْوَدُ غَيْرَ مُكْتَشَفٍ .

ثَقْبٌ أَسْوَدُ

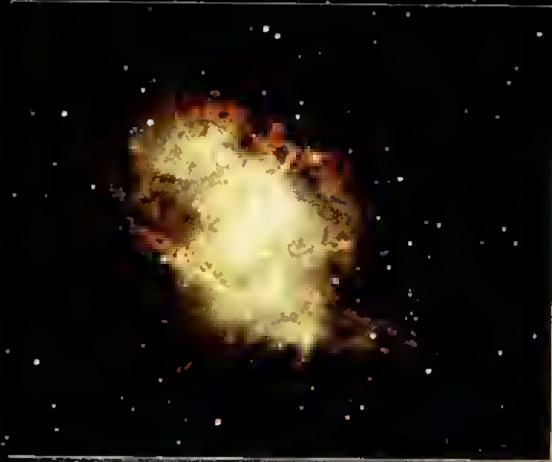
## إِشَارَاتُ ثَقْبٍ أَسْوَدَ

يَتِمُّ اكْتِشَافُ الثُّقُوبِ السَّوْدَاءِ بِطُرُقٍ غَيْرِ مُبَاشِرَةٍ . وَأَقْرَبُ هَذِهِ الطُّرُقِ هِيَ الْأَشِعَّةُ السِّينِيَّةُ الْمُنْبَعِثَةُ مِنَ الْمَادَّةِ السَّاقِطَةِ فِي الثَّقْبِ ، وَالْحَرَكَاتُ الشَّاذَّةُ لِلنُّجُومِ الَّتِي تَدُورُ حَوْلَ الثُّقُوبِ السَّوْدَاءِ . وَقَدْ تَكْشِفُ الثُّقُوبُ السَّوْدَاءُ عَنْ نَفْسِهَا أَيْضًا بِتَأْثِيرِهَا عَلَى مَوْجَاتِ الضَّوْءِ الَّتِي تَمُرُّ بِالْقُرْبِ مِنْهَا . وَقَدْ أَوْضَحَ أَلْبِرْت أَيْنِشْتَيْن أَنَّ أَشِعَّةَ الضَّوْءِ يُمْكِنُ أَنْ تَنْحَنِيَ بِقُوَّةِ الْجَاذِبِيَّةِ . وَأَشِعَّةُ الضَّوْءِ الْمُنْبَعِثَةُ مِنْ مَصْدَرٍ خَلْفَ ثَقْبٍ أَسْوَدَ — كَمَا تُرَى مِنَ الْأَرْضِ — فَإِنَّهُ يَلْتَفُّ حَوْلَ الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ بِمَا يُعْرَفُ بِعَدَسَةِ الْجَاذِبِيَّةِ . وَالضَّوْءُ الْمُشَوَّهُ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ يَظْهَرُ كَأَنَّهُ صَادِرٌ مِنْ مَصْدَرَيْنِ مُنْفَصِلَيْنِ وَلَكِنَّهُمَا مُتَشَابِهَانِ . وَإِذَا وُجِدَتْ مَوْجَاتُ الْجَاذِبِيَّةِ ، فَإِنَّهَا تَدُلُّ عَلَى ثَقْبٍ أَسْوَدَ .



# مَا هِىَ النُّجومُ النِّيوتْرونِيَّةُ ؟

بعْد انْفجار سُوبرْنُوفا ، فإنَّ بقايا النّجم الْميّتِ قدْ تَسْقُطُ إلىَ الدّاخِل لتكوِّن ثقْبا أسْود أوْ نجْما نيوتْرونيًا . ولمْ يتمّ التّحقُّق مِن وُجُودِ الثُّقوب السّوْداء . ولكنْ تمّ اكْتشافُ كثير من النّجوم النّيوتْرونية . والنّيوتْرونات هى جُسيْماتٌ ثقيلةٌ فِى مرْكزِ الذّرَّة . وفى النّجْمِ النّيوتْرونى . تسْتبْعدَ جميعُ الْجُسيْماتِ الأُخْرى مِثْل الْبوزِتْرونات والإلكْترُونات . وتبقَى كُرَةٌ مُحكمةٌ تحْتوِى النّيوتْرونات . وقدْ يكُونُ قطْرُ النّجم النّيوتْرونى ٦ أمْيال فقطْ ، ولكنّ كُتلتهُ تزيدُ علَى كُتْلةِ الشّمْس . وملْءُ ملْعقة منْ مادّةِ النّجم النّيوتْرونى تزِنُ بِلْيُونَ طِنٍّ أوْ أكْثر . وتدُورُ النُّجُومُ النّيوتْرونِيّةُ حوْل نفْسها بسُرْعةٍ كبيرةٍ جدًا ، وتُشِعُّ طاقَةً أثْناء دورانها . ويُمْكنُ كشْفُ هذه الطّاقة على شكْلِ مَوْجاتٍ لاسلْكِيّةٍ أوْ أشعّة سينيّة .


سَدِيمُ السّرطانِ هُوَ غِلافٌ غازِىٌّ تبقّى مِنْ سُوبرْنُوفا عام ١٠٥٤ . وفِى مرْكزِهِ نابِضٌ إشْعاعِىٌّ يدُورُ ٣٠ مرّةً فِى الثّانِيَةِ .

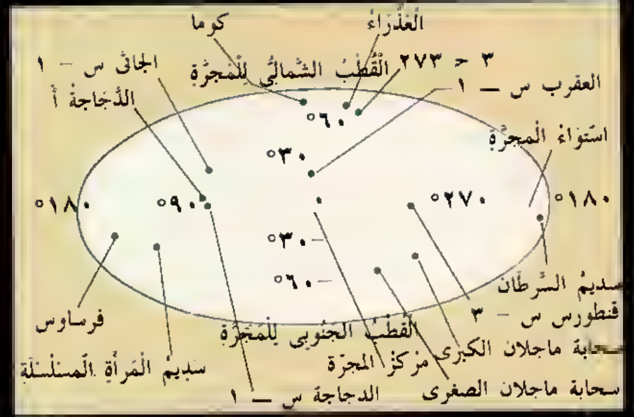
■ تفجُّراتٌ من الطّاقة

يبْعثُ النّجْمُ النّيوتْرونىّ إشْعاعا على طُول محْور مجالِهِ المغْناطِيسىّ . ولأنّ محْور المجال المغْناطيسى ليْس على اسْتقامة محْور دورانه تماما . فإنّ هذه الإشْعاعات تكْتسِحُ السّماءَ مثْل ضوْء كشّاف . وعنْدما تمرّ هذه الإشْعاعاتُ بالأرْض مرّةً أوْ مرّتيْن فى كُلّ دوْرة . فإنها تظْهرُ كأنّها تنْبضُ إضاءةً ، وإطْفاءً . وتُسمّي النُّجومُ نوابض إشْعاعيّة . وكثيرا ماتُكْتشفُ النّجُومُ النّيوتْرونيّة فى الأنْظمة الثّنائيّة على صُورة نوابِضَ للأشِعّةِ السّينيّة ، حيْثُ تُسْحبُ المادّةُ من النّجم الرّفيقِ (القرين) إلى النّجْم النّيوتْرونى . ويبْعثُ النّجْمُ النّيوتْرونى تفجُّراتٍ مِن الأشِعّة السّينيّة ، أثْناءَ سُقوطِ الْغازات على سطْحه .

نجْمٌ أساسِىٌّ

تيّارُ الْغازِ

وجد الْفلكيُون آلافا منْ مصادر الْأشعَة السِّينيَّة (عين) . وقدْ يكُونْ الْقليلْ منْهُمْ نُجوما نيوتْرونيَّة أوْ ثُقوبا سوْداء ، وأحدُها ثقْبٌ أسْودُ ثقيلْ فى مرْكز الطَّريق اللَّبنىّ . والْأشعَةُ السِّينيَّةُ الْمُنطلقةُ فى الْفضاء لا يُمكنْ كشْفُها من الْأرْض ، ولكنّ الْمراصد الفضائية الدَّوَّارة قدْ تُساعدُ فى الْبحْث عنْها .




## إشاراتٌ نابضةٌ

بيْنما يدُورُ النَّجْمُ النّيوتْرونى ، فإنّ محْورهُ الْمغناطيسى يكْنُسُ السَّماء مثْل ضوْءِ كشَّاف . وإشْعاعاتُ النَّجْمِ النّيوتْرونِى لا يُمْكِنُ كشْفُها إلّا عِنْدَمَا يُشيرُ الضّوْءُ الْكشَّافُ إلى الْأرْض .

إلى الأرض

أشعةٌ سينيَّةٌ

خطوطُ الْقوّةِ الْمغناطيسيّة

محورُ الدَّوَران

قُطبٌ مغناطيسى

نجم نيوترونى

لب خارجى
لب داخلى
بحر نيوترونى فائض
جسيمات دخيلة

أشعةٌ سينيّةٌ

# 6 الْمَجَرَّاتُ وَالْكَوْنُ

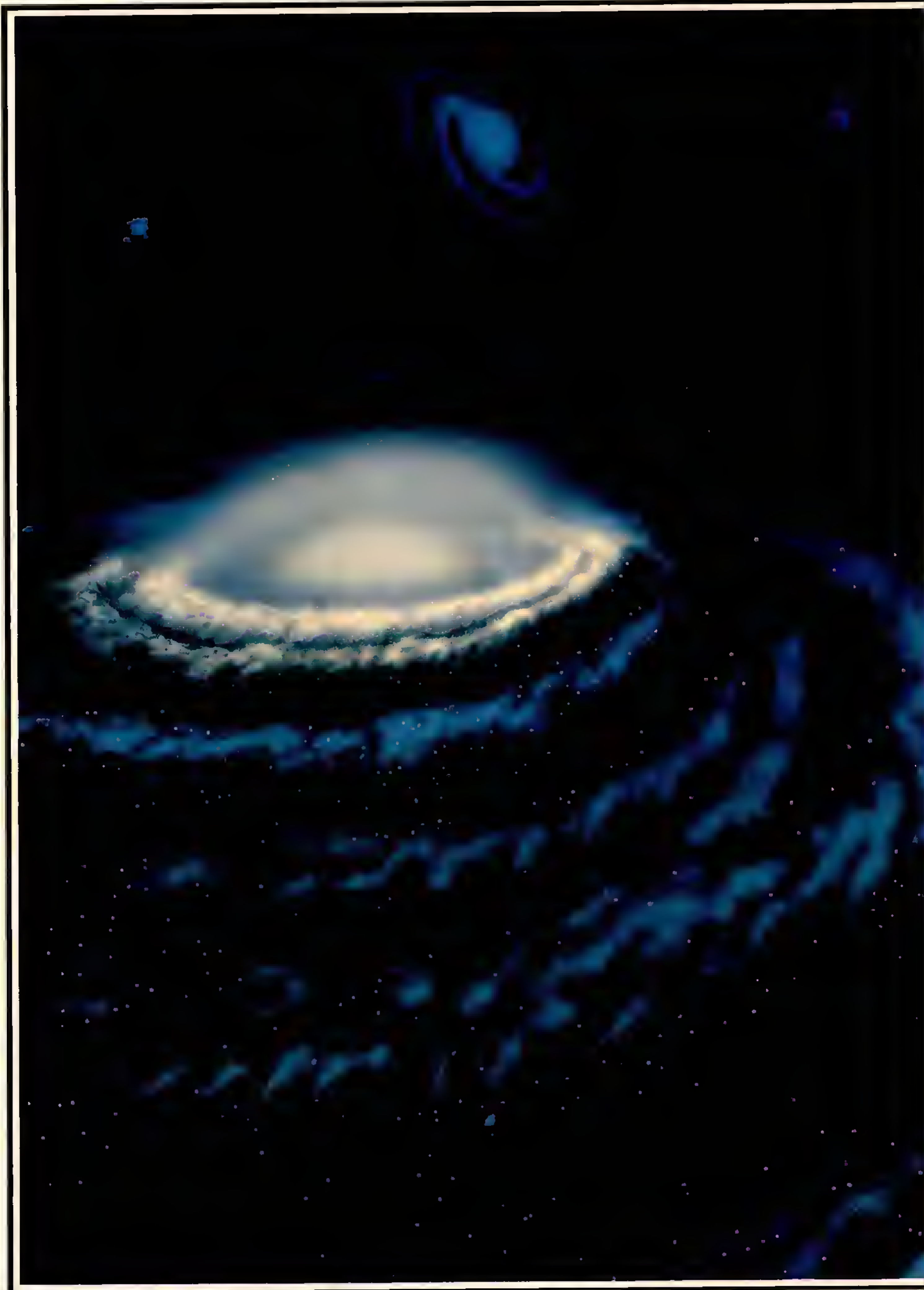
يَحتَوى الْكَوْنُ عَلَى مِئَاتِ الْبَلَايِين مِن الْمجَرَّاتِ : وَهِى أجْسَامٌ سَمَاوِيَّةٌ وَاسِعَةٌ مِن الضَّوْءِ تَحْتَضِنُ عَدَدًا لَا يُحصَى مِن النُّجُومِ وَالْغَازِ وَالْغُبَارِ الْكَوْنِى . وَمجَرَّتُنَا الَّتِى نَقْطُنُهَا ـــ الطَّرِيقُ اللَّبَنِى ـــ تَحتوِى عَلَى أَكْثَرَ مِنْ ١٠٠ بِلْيُونَ نجْمٍ مِنْهَا شَمْسُنَا وَمَجْمُوعَتُهَا الشَّمسِيَّةُ . وَالطَّرِيقُ اللَّبَنِى ـــ مِثْلُ كَثِيرٍ مِن الْمجَرَّاتِ فِى الْكَوْنِ ـــ هُوَ قُرصٌ حَلَزُونِىُّ الشَّكْلِ بِمَرْكَزِهِ انْتِفَاخٌ . وَالمَجَرَّاتُ الأُخْرَى قَدْ تَكُونُ إِهْلِيلَجِيَّةً (بيضية) تُشْبِهُ كُرَةً مُبَطَّطَةً ، أَوْ غَيْرَ مُنتَظِمَةٍ بِهَا مَجْموعَاتٌ عَشْوَائِيَّةٌ مِن النُّجُومِ .

وَتَدُورُ مُعْظَمُ الْمَجرَّاتِ حَوْلَ مَرْكَزٍ مُنْتَفِخٍ سَاطِعِ الْإِضَاءَةِ ، يَمْتَلِئُ بِمَلَايِينِ النُّجُومِ . وَيَحْتَوِى كُلُّ لُبٍّ عَلَى مَصْدَرِ طَاقَةٍ عَالِى الشِّحْنَةِ ، يُعْتَقَدُ أَنَّهُ يُشْعَلُ بِوَاسِطَةِ ثَقْبٍ أَسْوَدَ ، وَهُوَ جِسْمٌ غَامِضٌ ذُو تَرْكِيزٍ عَالٍ لَا يَسْمَحُ لِأَىِّ شَىْءٍ بِالْهُرُوبِ مِنْ جَاذِبِيَّتِهِ ، حَتَّى الضَّوْءِ .

وَمَصْدَرُ قُوَّةِ الْمَجرَّاتِ يُثِيرُ الْحَيْرَةَ ، وَلَكِنْ مَايُثِيرُ أَكْثَرَ هُوَ الْحَقِيقَةُ الْعَجِيبَةُ عَنْ ظُهُورِ الْمحرَّاتِ مُبْتَعِدَةً عَنْ بَعْضِهَا الْآخَرِ فِى جَمِيعِ الِاتِّجَاهَاتِ . وَقَدْ أَدَّتْ هَذِهِ الْمُلَاحَظَةُ إِلَى أَنْ يَسْتَنْتِجَ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّ الْكَوْنَ يَتَمَدَّدُ وَأَنَّهُ بَدَأَ الْحَرَكَةَ مُنْذُ حَوَالَى ١٥ بِلْيُونَ سَنَةٍ بِوَاسِطَةِ انْفِجَارٍ جَائِحٍ يُعْرَفُ بِالانْفِجَارِ الْعَظِيمِ . وَلَا يَسْتَطِيعُ الْعُلَمَاءُ التَّنَبُّؤَ بِمَصِيرِ هَذَا الْكَوْنِ . وَالْبَعْضُ يَظُنُّ أَنَّهُ سَوْفَ يَتَمَدَّدُ إِلَى مَالَانِهَايَةَ ، بَيْنَمَا يَعْتَقِدُ الْبَعْضُ الْآخَرُ أَنَّهُ سَوْفَ يَنْكَمِشُ وَيَتَجَمَّعُ إِلَى كُتْلَةٍ فَوْقَ مَشْحُونَةٍ فَوْقَ كَثِيفَةٍ .

وَأَيًّا كَانَت الْإِجَابَةُ ، فَإِنَّ الْفَلَكِيِّينَ مُسْتَمِرُّونَ فِى تَحَسُّسِ أَعْمَاقِ الْفَضَاءِ ، فِى مُحَاوَلَةِ اجْتِلَاءِ أَسْرَارِهِ خُطْوَةً فِى كُلِّ مَرَّةٍ . « وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا » صدق الله العظيم .

بَلَايِينُ النُّجُومِ تَدُورُ حَلَزُونِيًّا حَوْلَ انْتِفَاخٍ مَرْكَزِىٍّ فِى مَجَرَّةٍ تُشْبِهُ مَجَرَّتَنَا « الطَّرِيقَ اللَّبَنِىّ » أَوْ « سِكَّةَ التَّبَّانَةِ » .

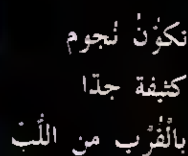


● خريطةٌ للطَّريق اللَّبنىِّ




صورةٌ فسيفسائيَّةٌ مركَّبةٌ للسماء ليلًا تبيِّن الشكل القرصىَّ المبسَّط للطَّريق اللبنىِّ . وتحدث هذه الحزمةُ الضوئيَّةُ المركزةُ بسبب بلايين النُّجوم المتراميةِ على حافَّة قرص المجرَّة . وتظهرُ باقى النُّجوم والمجرَّات شمال وجنوب الطَّريق اللبنىِّ .

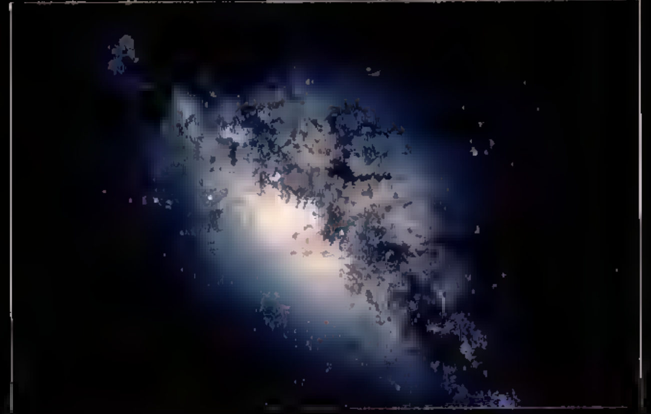
تجمُّعٌ ساطعٌ




تكوُّنُ نجوم كثيفة جدًا بالقُرب من اللُّبِّ

النُّجومُ المرئيَّةُ للعين المجرَّدة تبدو متجمِّعةً حول الشَّمس ، مثل النحل حول زهرة . وفى الحقيقة ، فإنَّ النُّجوم فى المجرَّة بعيدةٌ جدًا عن الشَّمس لدرجة أنَّ بُعد كلٍّ منها يُقدَّر بالسِّنين الضَّوئيَّة . فالشِّعرى اليمانيَّةُ — مثلا — تبعُد عن الشَّمس بحوالى تسع سنوات ضوئيَّة أى ٥٤ تريليون ميل . بينما يبعُد آخرُ النَّهر بحوالى ١٤ مرَّة مثل هذه المسافة .

# لطَّرِيقُ اللَّبَنِيُّ (سِكَّةُ التَّبَّانَة) ؟



الطَّرِيقُ اللَّبَنِيُّ يُضِيءُ السَّماء بالْقُرب منْ كوْكبة الْقوْس

الطَّرِيقُ اللَّبَنِيُّ الَّذى يُرى فى السَّماء ليْلا كحُزْمة هائلة من النُّجوم ، هو الْجُزْءُ الظَّاهرُ منْ مجرَّة حلزونيّة قُرْصيَّة الشَّكْل . ومجرّتنا واسعةٌ جدًا لدرجة أنّ شعاع الضّوْء يسْتغْرقُ ١٠٠٠٠٠ سنة ليعْبُرها عرْضا . والشّمْسُ الّتى كان يُظنُّ أنها فى مرْكز الْمجرّة ، توجدُ فى الْواقع خارج اللُّبّ عند ثُلثى الْقطْر تقْريبا وفى الْأذْرُع الْحلزونيّة للْمجرّة . ويشْتركُ أكْثرُ منْ بلْيون نجْم مع الشّمْس فى رحْلتها حوْل المرْكز . ومُعْظمُها يُوجدُ فى الْأذْرُع الْحلزونيّة للْقُرْص . ولكنّها مُنْتشرةٌ على نطاق واسع لتُحيط بالْمجرّة مثْل هالة ضوْء خافت .




## الطَّرِيقُ اللَّبَنِيّ

تتوقّفُ إضاءةُ السّماء الّتى تظْهرُ ليْلا ، على جُزْء الطّريق اللّبنىّ الّذى تتمُّ مُلاحظتُهُ . وهذه المساراتُ الْحُزْميّةُ اللّامعةُ اللّبنيّةُ الّتى تُعْطى للْمجرّة اسْمها ، تُرى فقطْ عنْدما تكُونُ على حافة الْأذْرُع الحلزونيّة للْقرْص .

وإذا كان الْمنْظرُ للْهالة الْمحيطة بالْقرْص ، فإنّ السّماء تبْدو أكْثر إظْلاما لوُجود نُجوم أقلّ .

الْمجرّةُ كما تُرى من الْأرْض

نُجُومٌ قليلةٌ جدًا ومُتناثرةٌ

الطّريقُ اللّبنىّ

نُجومٌ كثيرةٌ مرْئيّةٌ

قرْصُ الْمجرّة

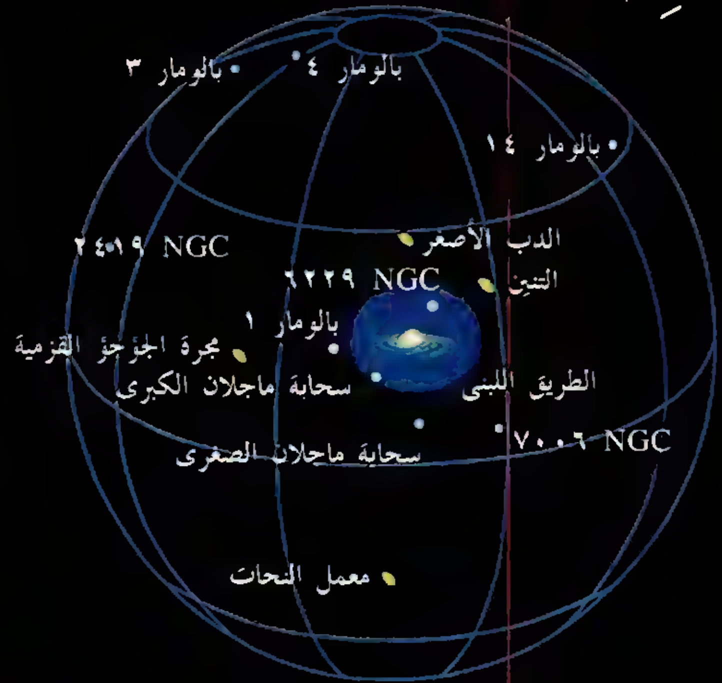
مرْكزُ الْمجرّة

نُجومٌ غزيرةٌ

المجموعة الشمسية

# مِمَّ تتركبُ المجرَّةُ؟

تَدُورُ مَجَرَّةُ الطَّرِيقِ اللَّبَنِىِّ حَوْلَ نَفْسِهَا فِى الْفَضَاءِ كَمَا لَوْ كَانَتْ دُولَابًا هَوَائِيًّا ضَخْمًا قَذَفَتْهُ أَيَادِى عِمْلَاقٍ كَوْنِىٍّ . وَيُوجَدُ فِى مَرْكَزِهَا انْتِفَاخٌ سَمِيكٌ مُكَوَّنٌ مِنْ تَرَاكُمٍ كَثِيفٍ لِبَلْيُونِ نَجْمٍ مُتَقَدِّمٍ فِى الْعُمْرِ . وَيَنْبَثِقُ مِنْ هَذَا الانْتِفَاخِ مَا يُشْبِهُ الذِّرَاعَيْنِ تَحْمِلَانِ النُّجُومَ الْحَدِيثَةَ وَالْغُبَارَ وَالْغَازَ . وَتَلُفُّ الْأَذْرُعُ حَوْلَ الْمَرْكَزِ أَثْنَاءَ دَوَرَانِهَا ، فَتَكْتَسِبُ الْمَجَرَّةُ مَظْهَرًا حَلَزُونِيًّا . وَرَغْمَ أَنَّ الطَّرِيقَ اللَّبَنِىَّ يُعَدُّ مِنَ الْمَجَرَّاتِ الكَبِيرَةِ ، إِلَّا أَنَّهُ مُجَرَّدُ بُقْعَةٍ ضَئِيلَةٍ بَيْنَ مَخْلُوقَاتِ اللهِ مِنْ بَلَايِينِ الْمَجَرَّاتِ الْمُخْتَلِفَةِ الشَّكْلِ وَالْحَجْمِ .




● جِيرَانُ الْمَجَرَّةِ

يَحْتَلُّ الطَّرِيقُ اللَّبَنِىُّ مَوْقِعًا فِى وَسَطِ مَا يُشْبِهُ كُرَةً تَضُمُّ الْمَجَرَّاتِ الْمُجَاوِرَةَ ، وَيُعْتَبَرُ بُؤْرَةً مَرْكَزِيَّةً لِلْمَجَرَّاتِ الْأُخْرَى الْمُسَمَّاةِ الْمَجْمُوعَةَ الْمَحَلِّيَّةَ . وتَضُمُّ حَوَالَى ٣٠ مَجَرَّةً تَرْتَبِطُ مَعًا بِشَدِّ الْجَاذِبِيَّةِ الْمُتَبَادَلِ .

هَالَةٌ

قُرْصُ الْمَجَرَّةِ

انْتِفَاخٌ

الْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ

● قُرْصُ الْمَجَرَّةِ وَالْهَالَةِ

قِطَاعٌ فِى قُرْصِ مَجَرَّةِ الطَّرِيقِ اللَّبَنِىِّ أَثْنَاءَ دَوَرَانِهَا دَاخِلَ هَالَةٍ مِنَ الْغَازِ السَّاخِنِ وَالنُّجُومِ الدَّوَّارَةِ . وَيَشِعُّ مِنَ الْمَرْكَزِ السَّمِيكِ الْوَهَجُ الْأَصْفَرُ لِلنُّجُومِ الْمُتَقَدِّمَةِ فِى الْعُمْرِ ، وَعِنْدَمَا يُصْبِحُ الْقُرْصُ رَفِيعًا قُرْبَ الْحَافَةِ فَإِنَّهُ يَتَأَلَّقُ بِضَوْءٍ أَزْرَقَ لِلنُّجُومِ حَدِيثَةِ الْوِلَادَةِ . وَالْهَالَةُ الَّتِى عَرْضُهَا حَوَالَى ٤٠٠٠٠٠ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ ، قَدْ تَكُونُ بَقَايَا الْغَازِ الَّذِى كَوَّنَ مَجَرَّتَنَا .

NGC = الْكَتَالُوجُ الْعَامُّ الْجَدِيدُ

بالومار = أطلس مرصد بالومار السماوى

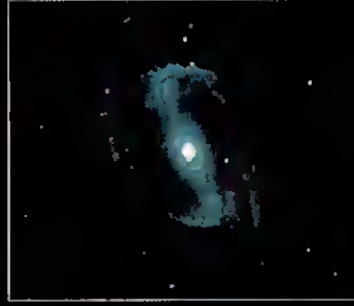
● تنوّعُ المجرّات

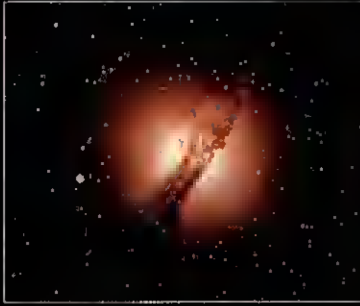
للمجرّات أربعةُ أشكالٍ أساسيّةٌ : حلزونيّةٌ . وحلزونيّةٌ قضيبيّةٌ . وإهليليجيّةٌ . وغيرُ مُنتظمة . والحلزونيّةُ هي السائدةُ . رغمَ أنَّ الإهليليجيّةَ أكثرُ امتلاء . وتتكوّنُ الحلزونيّةُ من لُبٍّ ساطعٍ لهُ ذراعانِ دوّاران . وأذرُعُ الحلزونيّةِ القضيبيّةِ تخرُجُ من قضيبٍ وراء اللبّ . ولُبُّ الإهليليجيّةِ يخفتُ إلى حافة المجرّة . أمّا غيرُ المُنتظمة فليستْ شائعة ولاتدُورُ حوْلَ لُبٍّ مركزيّ .

NGC ١٣٠٠ ( حلزونية قضيبية )

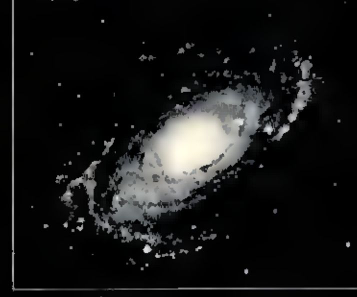


الْمرْأةُ الْمُسلْسلة ( حلزونية )





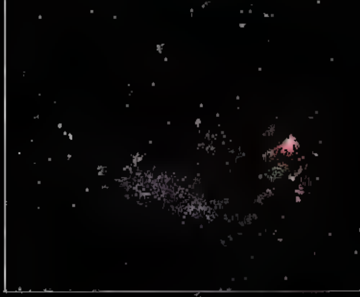
NGC ٥١٢٨ ( إهليليجية )



NGC ٣٠٣١ ( حلزونية )



NGC ١٠٧٣ ( حلزونية قضيبية )



سحابتا ماجلّان ( غيْرُ مُنتظِمة )

تظهرُ مجرّةُ الطّريقِ اللّبنيّ من الْجانبِ كما لوْ كانتْ صنْجيْنِ موسيقيّيْنِ مُتطابقيْنِ ( علوى ) . ويبْلغُ قطْرُها ١٠٠٠٠٠ سنةٍ ضوْئيّة . وسُمْكُها عنْد اللّبِّ ١٥٠٠٠ سنة ضوْئيّة . وترى أذرُعَ المجرّة حوْل الانتفاخ المرْكزيّ ( وسط وأسفل ) . وتدُورُ المجْمُوعةُ الشّمْسيّةُ على بعد ٣٠٠٠٠ سنةٍ ضوْئيّةٍ من الْمرْكزِ وتُوجدُ في ذراعِ الْجبّار من الْحلزُون . وتسْتغْرِقُ الشّمْسُ أكثر من ٢٥٠ مليُون سنة لتُكمل دوْرةً واحدةً حوْل الْمرْكز .

● مسْقطُ الْمجرّة



# مَاذَا يُشْبِهُ مَرْكَزُ الْمَجَرَّةِ؟

تَتَوهَّجُ بَلايِينُ النُّجُومِ مِنْ مَرْكَزِ الطَّرِيقِ اللَّبَنِىِّ وتَدُورُ بِسُرْعَةٍ تَفُوقُ أَىَّ جُزْءٍ آخَرَ فِى الْمَجَرَّةِ . وَظَلَّ الْفَلَكِيُّونَ لِسَنَواتٍ عَدِيدَةٍ غَيْرَ قَادِرِينَ عَلَى رُؤْيَةِ الْمَنَاطِقِ الدَّاخِلِيَّةِ لِلُّبِّ لِأَنَّهَا تَخْتَفِى وَرَاءَ النُّجُومِ وَسُحُبِ الْغُبَارِ وَالْغَازِ . ولَكِنَّهم يُحاوِلُونَ الْآنَ بِاسْتِخْدَامِ التِّلِسْكُوبَاتِ الرَّادْيُوِيَّةِ وتَحْتَ الْحَمْرَاءِ ، الْحُصُولَ عَلَى صُورَةٍ لِهَذِهِ الْآلَةِ الْجَبَّارَةِ الَّتِى تَمْنَحُ الْقُوَّةَ لِلْمَجَرَّةِ . وَأَكْثَرُ الِاكْتِشَافَاتِ إِثَارَةً هُوَ وُجُودُ تَرْكِيبٍ مَغْنَاطِيسِيٍّ يُشْبِهُ الدَّوَّامَةَ فِى قَلْبِ الْمَجَرَّةِ . ومِنْهُ يَنْدَفِعُ غَازٌ نَفَّاثٌ يَنْطَلِقُ إِلَى بُعْدِ ١٢٠٠٠ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ فِى الْفَضَاءِ . وَيظُنُّ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّ هَذَا النَّفْثَ يَسْتَمِدُّ طَاقَتَهُ بِوَاسِطَةِ ثَقْبٍ أَسْوَدَ فَائِقِ الْكُتْلَةِ ، وَفِى كُتْلَةِ نَجْمٍ كَبِيرٍ ، وَلَكِنَّ طَاقَتَهُ تَفُوقُ ١٠٠ بِلْيُونَ شَمْسٍ .

مَجَرَّة

نَفَّاثٌ

اِنْتِفَاخٌ

غَازٌ مُنْخَفِضُ الْكَثَافَةِ

نَفَّاثٌ

لُبٌّ

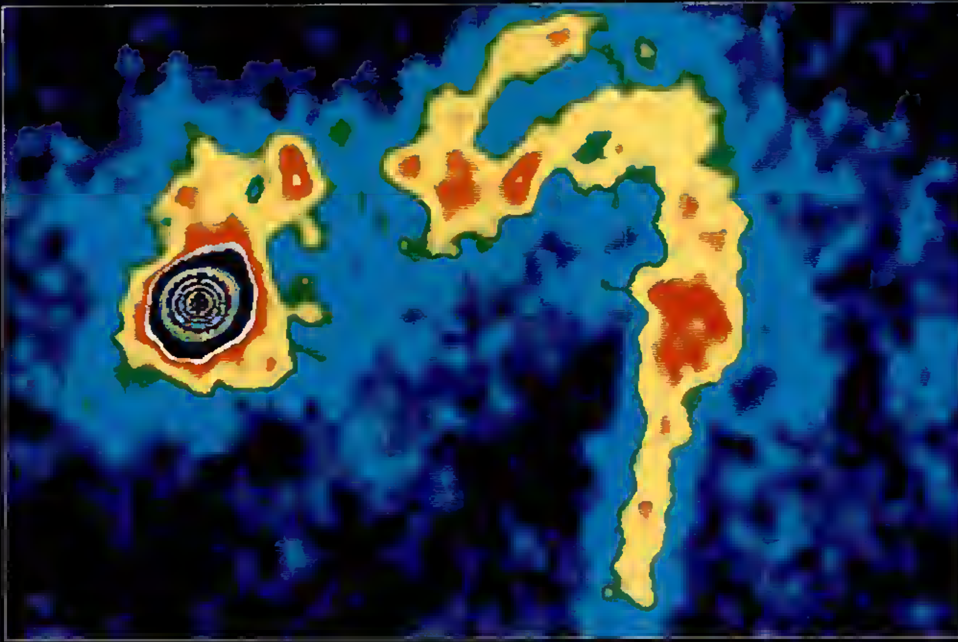
قُرْصُ اللُّبِّ

قُرْصُ اللُّبِّ

● الِانْتِفَاخُ

يَخْتَفِى الِانْتِفَاخُ الدَّاخِلِىُّ لِلْمَجَرَّةِ خلْفَ هَالَةٍ مِنْ نُجُومٍ مُتَقَدِّمَةِ الْعُمْرِ ، وَلَكِنَّهُ يُظْهِرُ أَذْرُعًا حَلَزُونِيَّةً مِنْ غَازَاتٍ قَلِيلَةِ الْكَثَافَةِ . وَتَسْتَقِرُّ هَذِهِ الْأَذْرُعُ دَاخِلَ الِانْتِفَاخِ عَلَى بُعْدِ ١٠٠٠٠ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ مِن اللُّبِّ . وتَضْرِبُ حَوْلَ الْمَرْكَزِ بِسُرْعَةِ ٨٠ مِيلًا / ثانِيَةٍ . فَتَتَمَدَّدُ وَتُصْبِحُ مُسَطَّحَةً إِلَى الْخَارِجِ عَلَى شَكْلِ قُرْصٍ

● تُوجَدُ حَلْقَةٌ مِن الْغَازِ عَالِى الْكَثَافَةِ عَلَى بُعْدِ حَوَالَى ١٠٠٠ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ مِنْ مَرْكَزِ اللُّبِّ . وَتَحْتَوِى عَلَى غُبَارٍ وَجُزَيْئَاتٍ . وَرُبَّمَا عَلَى نُجُومٍ حَدِيثَةٍ . وَيَنْدَفِعُ نَفْثٌ مِن الْغَازِ إِلَى مَسَافَةِ آلَافِ السِّنِينَ الضَّوْئِيَّةِ مِنْ مَرْكَزِ الْقُرْصِ . وَيَتَشَكَّلُ هَذَا النَّفْثُ بِوَاسِطَةِ مَجَالٍ مَغْنَاطِيسِىٍّ قَوِىٍّ عَمُودِىٍّ عَلَى الْقُرْصِ .



● مَصْدَرٌ إشْعَاعِيٌّ بِمَرْكَزِ الْمَجَرَّةِ

خَرِيطَةٌ بِاللَّاسِلْكِي مِنْ مَرْصَدِ نُوبِيَامَا اللَّاسِلْكِي فِي الْيَابَانِ يُبَيِّنُ صُورَةً لِمَرْكَزِ الْمَجَرَّةِ عَنْ قُرْبٍ . وَتُبَيِّنُ الدَّوَائِرُ مُتَّحِدَةُ الْمَرْكَزِ مُسْتَوَيَاتِ شِدَّةِ مَنْبَعٍ هَائِلٍ لِلطَّاقَةِ وَالْحَرَارَةِ ، قَدْ يَكُونُ ثَقْبًا أَسْوَدَ . وَتَعْمَلُ جَاذِبِيَّةُ الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ عَلَى سُقُوطِ الْمَادَّةِ وَالنُّجُومِ الْمُجَاوِرَةِ إِلَى الثَّقْبِ الْأَسْوَدِ ، فَتَسْخُنُ الْمَادَّةُ إِلَى دَرَجَاتٍ عَظِيمَةِ الارْتِفَاعِ وَتُوَلِّدُ إِشْعَاعًا انْفِجَارِيًّا . أَمَّا الْمَسْقَطُ الْمُشَابِهُ لِلثُّعْبَانِ إِلَى يَمِينِ اللُّبِّ . فَيَبْدُو أَنَّهُ نَفْثٌ مِنْ غَازَاتٍ سَاخِنَةٍ . وَلَمْ يَتَأَكَّدِ الْفَلَكِيُّونَ بَعْدُ مِنْ سَبَبِ تَكَوُّنِهِ .

● قَلْبُ الْمَجَرَّةِ

يُحِيطُ بِاللُّبِّ حَلْقَتَانِ بَارِدَتَانِ مِنَ الْغَازِ ، وَحَلْقَةٌ دَاخِلِيَّةٌ سَاخِنَةٌ جِدًّا ، فَيَظْهَرُ لُبُّ الْمَجَرَّةِ كَقُرْصٍ دَوَّارٍ قُطْرُهُ حَوَالَى ثَلَاثِ سَنَوَاتٍ ضَوْئِيَّةٍ . وَقَدِ اسْتَنْتَجَ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّ الْكَمِّيَّاتِ الْهَائِلَةَ مِنَ الطَّاقَةِ الَّتِي تَنْبَعِثُ مِنَ اللُّبِّ ، تَصْدُرُ فَقَطْ عَنْ ثَقْبٍ أَسْوَدَ فَائِقِ الْكُتْلَةِ يَبْلُغُ ٥ مَلَايِين كُتْلَةِ الشَّمْسِ . وَعِنْدَمَا تَشُدُّ الْجَاذِبِيَّةُ الْمَادَّةَ الْمُحِيطَةَ ، يَتَوَلَّدُ عَنِ احْتِكَاكِ الْجُزَيْئَاتِ السَّاقِطَةِ حَرَارَةٌ وَإِشْعَاعٌ هَائِلَانِ يُحَلِّقَانِ حَوْلَهُ .

لُبٌّ

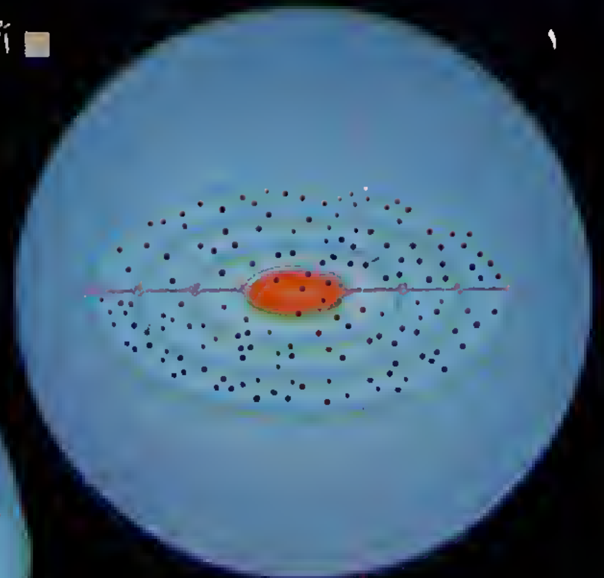
أَذْرُعٌ حَلَزُونِيَّةٌ

قُرْصٌ غَازِيٌّ

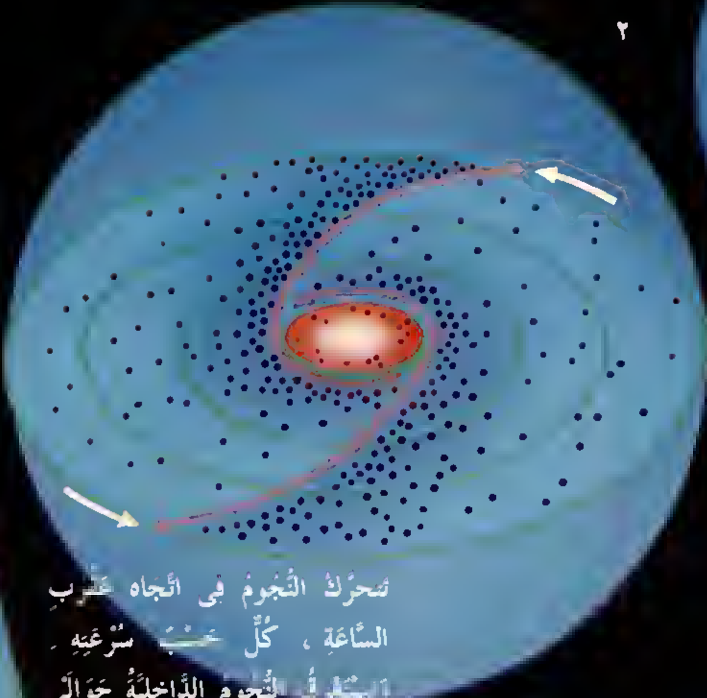
# لِمَاذَا يكُونُ الطَّرِيقُ اللَّبنىُّ حلَزُونِيّاً ؟

■ اَلأَذْرُعُ الْحلَزُونيَّةُ لِلطَّرِيقِ اللَّبنِىّ

١



٢



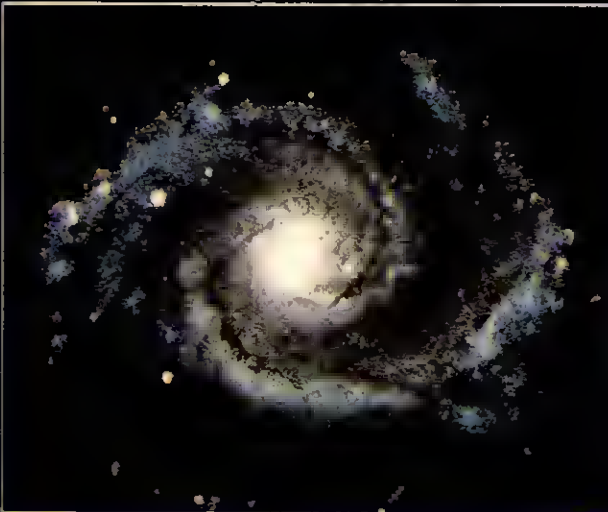
٣

فِى هَذَا التَّوضِيحِ لِكَيْفِيَّةِ ابْتِكَارِ شَكْلٍ حلَزُونِىٍّ ، تَصْطَفُّ النُّجُومُ عَلَى طُولِ خطٍّ بِدَايَةٍ وَهمِىٍّ عَلَى أَحَدِ جَانِبَىِ مَرْكَزِ الْمَجَرَّةِ ، بِشَكْلٍ أَقْرَبَ إِلَى مُتَسَابِقِينَ عَلَى وَشْكِ بَدْءِ سِبَاقٍ حَوْلَ مَسَارَاتٍ مُحَدَّدَةٍ .

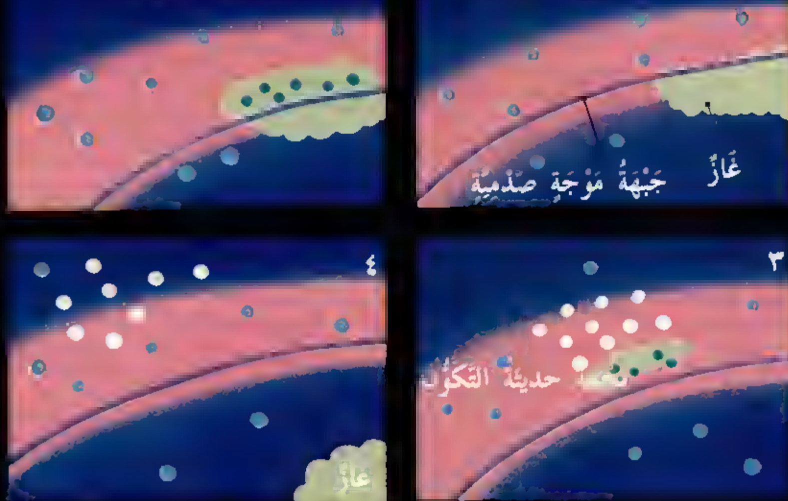
تتحرَّكُ النُّجُومُ فِى اتِّجاهِ عَقرَبِ السَّاعَةِ ، كُلٌّ حَسَبَ سُرْعَتِهِ . تَستغرِقُ النُّجُومُ الدَّاخِلِيَّةُ حَوَالَى ٢٠ مِلْيُونَ سَنَةٍ لِتُكْمِلَ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ الْمَرْكَزِ ، بَيْنَمَا تَسْتَغْرِقُ النُّجُومُ عَلَى الْحَافَةِ الْخَارِجِيَّةِ ١٠ أَمْثَالِ هَذَا الْوَقْتِ لِتُكْمِلَ نَفْسَ الرِّحْلَةِ .

اَلأَذْرُعُ الْحلَزُونِيَّةُ مِنَ النُّجُومِ وَالغَازِ وَالْغُبَارِ الَّتِى تَدُورُ حَوْلَ لُبِّ الْمَجَرَّةِ هِىَ مِنْ أَكْثَرِ الأَسْرَارِ الْمُحَيِّرَةِ فِى الْكَوْنِ . وَالأَصْلُ الْحقِيقِىُّ لِهَذَا الْحلَزُونِ غَيْرُ مَعْرُوفٍ ، وَلَمْ يَتَأَكَّدِ الْفَلَكِيُّونَ مُطْلَقًا كَيْفَ يُحَافِظُ الْقُرْصُ عَلَى شَكْلِهِ الْحلَزُونِىِّ . وَمِثْلَ خَيْطٍ مَرْبُوطٍ فِى نَحْلَةٍ دَوَّارَةٍ ، فَإِنَّهُ كَانَ مِنَ الْمَفْرُوضِ أَنْ تَلْتَفَّ الأَذْرُعُ بِإِحْكَامٍ حَوْلَ مَرْكَزِ الْمَجَرَّةِ الآنَ . وَيَعْتَقِدُ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّ الحلَزُونَ يَظَلُّ فِى مَكَانِهِ بِسَبَبِ الْمَوْجَاتِ الَّتِى تَتَحَرَّكُ خِلاَلَ النُّجُومِ وَالْغَازِ مِثْلَ التَّمَوُّجَاتِ فِى بِرْكَةِ مَاءٍ . وَيَظُنُّونَ أَنَّ هَذِهِ الْمَوْجَاتِ بَدَأَتْ حَرَكَتَهَا بِوَاسِطَةِ اضْطِرَابَاتٍ جَاذِبِيَّةٍ قَوِيَّةٍ حَدَثَتْ أَثْنَاءَ تَكَوُّنِ الْمَجَرَّةِ مُنْذُ بَلاَيِينِ السِّنِينَ . وَتَتَحَرَّكُ الْمَوْجَاتُ أَبْطَأَ مِنَ النُّجُومِ وَالْغَازِ الَّتِى تَسْكُنُ الْمَسَارَاتِ الْعَالِيَةَ الْحلَزُونِيَّةَ لِلْمَجَرَّةِ ، فَتُنْتِجُ مَرَاسِىَ ضَخْمَةً مِنَ الْمَادَّةِ النَّاتِجَةِ فِى تَكَوُّنِ النُّجُومِ الْجَدِيدَةِ . وَكَثِيرٌ مِنَ النُّجُومِ الْجَدِيدَةِ ضَخْمٌ جِدًّا لِدَرَجَةِ أَنَّهُ يَنْفَجِرُ بِمُضِىِّ الْوَقْتِ ، وَيُرْسِلُ مَوْجَاتٍ صَدْمِيَّةً خِلاَلَ النِّظَامِ . وَقَدْ يَكُونُ لِتَأْثِيرِ التَّمَوُّجَاتِ الرَّقِيقَةِ وَمُوَلِّدِ النُّجُومِ مَعًا ، مَا يُسَاعِدُ عَلَى الْحِفَاظِ عَلَى الشَّكْلِ الْحلَزُونِىِّ الَّذِى يَسْتَمِرُّ مَعَ الْمَوَادِّ الْجَدِيدَةِ .

سُحُبٌ دُوَّامِيَّةٌ مِنَ النُّجُومِ وَالْغَازِ وَالْغُبَارِ تَرْقُصُ حَوْلَ النَّوَاةِ الصَّغِيرَةِ لِلْمَجَرَّةِ الْحلَزُونِيَّةِ . الدُّوَّامَةُ ( M ٥١ ) عَلَى بُعْدِ حَوَالَى ٢١ مِلْيُونَ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ مِنَ الأَرْضِ .



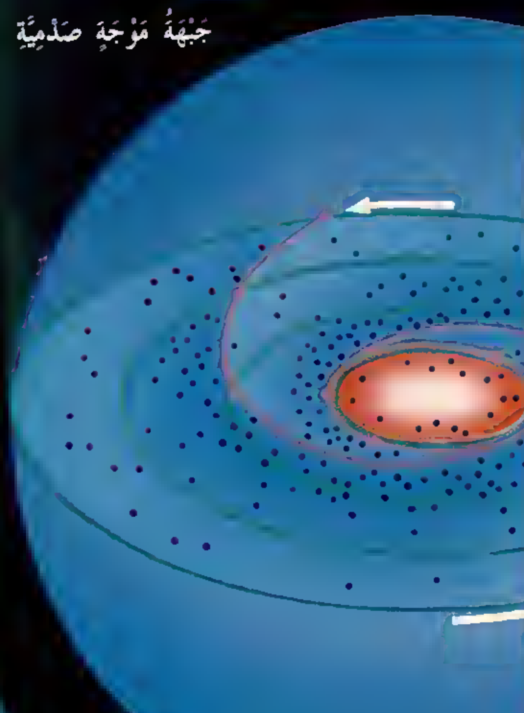
M = كتالوج تشارلز ميسييه







الْأَشْكَالُ الْعُلْوِيَّةُ لِذِرَاعٍ حَلَزُونِيَّةٍ مُكَبَّرَةٍ تَشْرَحُ إِحْدَى نَظَرِيَّاتِ الشَّكْلِ الْحَلَزُونِيِّ لِلْمَجَرَّةِ . وَشَدُّ مَجَالِ الْجَاذِبِيَّةِ الْقَوِيِّ لِذِرَاعٍ حَلَزُونِيَّةٍ ( أرجواني ) يَجْذِبُ سَحَابَةَ غَازٍ مُنْخَفِضِ الْكَثَافَةِ ( أخضر ) إِلَيْهِ . وَبَيْنَمَا تُحَاوِلُ السَّحَابَةُ الِانْدِفَاعَ خِلَالَ الْغَازِ وَالنُّجُومِ الْمُتَرَاكِمَةِ الْكَثِيفَةِ ، فَإِنَّهَا تَتَوَقَّفُ مِثْلَ عَرَبَةٍ حُوصِرَتْ فِي مُرُورٍ مُعَطَّلٍ . وَيَزْدَادُ الضَّغْطُ فِي السَّحَابَةِ حَتَّى تَنْفَجِرَ فِي النِّهَايَةِ ، وَتَنْفُثُ إِلَى الْأَمَامِ نُجُومًا سَاطِعَةً جَدِيدَةً . وَلِأَنَّ هَذِهِ النُّجُومَ كَثِيرَةُ الْعَدَدِ وَعَالِيَةُ الطَّاقَةِ ، فَإِنَّهَا تَسْتَطِيعُ أَنْ تَشُقَّ طَرِيقَهَا خِلَالَ الْحَشْدِ . وَتَنْفَجِرُ نُجُومٌ أُخْرَى فِي هَذِهِ الْعَمَلِيَّةِ ، بَيْنَمَا يَتَبَقَّى الْبَعْضُ فِي الذِّرَاعِ وَيَسْتَمِرُّ فِي الدَّوَرَانِ حَوْلَ الْمَجَرَّةِ وَهَذِهِ الْأَحْدَاثُ كُلُّهَا تُرْسِلُ مَوْجَاتٍ صَدْمِيَّةً فِي النِّظَامِ ، قَدْ تُسَاعِدُ عَلَى الِاحْتِفَاظِ بِالْأَذْرُعِ الْحَلَزُونِيَّةِ مُتَسَاعِدَةً ، رَغْمَ أَنَّ دَوَرَانَهَا يَضْغَطُهَا فِي اتِّجَاهِ الْمَرْكَزِ .



بِمُضِيِّ الْوَقْتِ ، تَلْتَفُّ النُّجُومُ الدَّاخِلِيَّةُ حَوْلَ الْمَرْكَزِ ١ ١/٢ مَرَّةً ، بَيْنَمَا تَتْبَعُهَا النُّجُومُ الْخَارِجِيَّةُ عَلَى مَسَافَاتٍ أَبْعَدَ بِكَثِيرٍ .

يُصْبِحُ الشَّكْلُ الْحَلَزُونِيُّ وَاضِحًا عِنْدَمَا تَسْبِقُ النُّجُومُ الدَّاخِلِيَّةُ جِيرَانَهَا الْمَدْفُوعِينَ بَعِيدًا لِلْخَارِجِ . وَمِنَ الْعَجِيبِ ، أَنَّ الْأَذْرُعَ الْحَلَزُونِيَّةَ لَا تَلْتَفُّ بِأَكْمَلِهَا . وَيَعْزُو الْفَلَكِيُّونَ هَذَا التَّأْثِيرَ إِلَى خَوَاصَّ مُتَمَيِّزَةٍ لِلْقُرْصِ نَفْسِهِ ( أعلى ) .

# كَيْفَ تَكَوَّنَ الْكَوْنُ ؟

قَدْ يَكُونُ الْكَوْنُ بَدَأَ مُنْذُ حَوَالَى ١٥ بِلْيُونَ سَنَةٍ بِالِانْفِجَارِ الْعَظِيمِ ، وَهُوَ انْفِجَارٌ عَنِيفٌ مِنْ نُقْطَةٍ لاَ نِهَائِيَّةِ الْكَثَافَةِ . خَلَقَ الْوَقْتَ وَالْفَرَاغَ وَالطَّاقَةَ وَالْمَادَّةَ ، بِقُدْرَةِ الْمَوْلَى عَزَّ وَجَلَّ . وَبَعْدَ ثَوَانٍ مِنْ هَذَا الِانْفِجَارِ أَصْبَحَ الْكَوْنُ سَابِحًا بِالْإِشْعَاعِ الْمتَأَجِّجِ وَالدَّقَائِقِ الذَّرِيَّةِ الْمُتَّحدة . وَعِنْدَمَا تَمَدَّدَ الْكَوْنُ ، أَصْبَحَ أَبْرَدَ وَأَقَلَّ كَثَافَةً . وَبَعْدَ مِئَاتِ الْآلَافِ مِن السِّنِينَ ، اتَّحَدَت الْإِلِكْتُرُونَاتُ وَالْبُرُوتُونَاتُ وَالنُّيُوتْرُونَاتُ لِتُكَوِّنَ ذَرَّاتِ الْهَيْدرُوجِين وَالْهِيلْيُوم . وبعْدَ هَذَا الِانْفِجَارِ بِبِلْيُونِ سَنَةٍ ، تَجَمَّعَتْ هَذِهِ الْغَازَاتُ بِقُوَّةِ الْجَاذِبِيَّةِ إِلَى سُحُبٍ ضَخْمَةٍ عُرِفَتْ بِالْمَجَرَّات الْبُدَائِيَّة .

وبَعْدَ بِلْيُونَ سَنَةٍ أُخْرَى أَخْرَجَت الْمَجَرَّاتُ الْبِدَائِيَّةُ النُّجُوم الْأُولَى . وَالْيَوْمَ ، يُشْبِهُ الْكَوْنُ فُقَّاعَةً وَاسِعَةً بِهَا تَجَمُّعَاتٌ مِن الْمَجَرَّاتِ تُكَوِّنُ حَوَائِطَ حَوْلَ فَرَاغَاتٍ كَبِيرَةٍ .

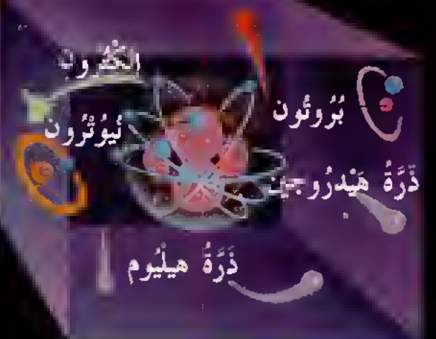
جارُ الْعَظِيمُ

تَمَدُّدٌ سَرِيعٌ

١ عِقِب الِانْفِجَارِ الْعَظِيمِ مُبَاشَرَةً ( يمين ) تَمَدَّدَ الْكَوْنُ بِسُرْعَةٍ مِنْ حَجْمِ دَبُّوس إِلَى حَوَالَى ٢٠٠٠ مَرَّةٍ مِثْل حجم الشمس .

٢ وَقَبْلَ أَنْ يُصْبِحَ عُمْرُ الْكَوْنِ ثَانِيَةً وَاحِدَةً ( أعلى ) ، كَانَ كُتْلَةً سَاخِنَةً دَوَّارَةً مِنْ مُعْظَمِ الْجُسَيْمَاتِ الْأَوَّلِيَّة وكَانَتْ كَثَافَتُهُ مِثْلَ الْحَدِيدِ ، وَمُعْتِمًا فَلاَ يُمْكِنُ لِلضَّوْءِ النَّفَاذُ مِنْهُ .

مَوْلِدُ الذَّرَّاتِ




٣ وبَعْدَ النِّصْفِ مِلْيُون الْأَوَّلِ مِن السِّنِين ( أعلى ) ، بَرَدَ الْكَوْنُ تَدْرِيجِيًّا إِلَى ٣٠٠٠° ك . وَانْدَمَجَت الْجُسَيْمَاتُ الْأَوَّلِيَّةُ مُكَوِّنَةً دَمَ حَيَاةِ الْكَوْنِ أي غَازَا الْهَيْدرُوجِين وَالْهِيلْيُوم . وَالْوَهَجُ الْكَوْنِيُّ الْخَافِتُ مِن الْمَوجَاتِ الْقَصِيرَةِ جِدًّا ذاتِ ٣° ك ، وَالَّذِى نَرَاهُ الْيَوْمَ فِي أَرْجَاءِ الْكَوْنِ ، يُظَنُّ أَنَّهُ الْبَاقِي مِن الِانْفِجَار الْعَظِيم .

٥ وفيما بين بلْيون وبلْيونَى سَنةٍ عقب الانْفجار الْعظيم ، تجمّعت الْمجرّاتُ الْبدائيّةُ فى حُشودٍ حوْل الْمناطق الْغازيّة الْأقلّ كثافةً ، ومُحْدثةً تكْوينا يُشْبهُ أسْنان الْمُشْط فى أرْجاء الْكوْن . وأنْجبت الْمجرّاتُ الْبدائيّةُ النُّجوم الّتى تطوّرتْ إلى عمالقة حُمْر وفوْق مُتجدّدات ( سوبرنوفات ) ملأت الْمجرّة ببُذور الْمادّة الْخام اللّازمة لمولد نُجوم أخْرى فيما بعْدُ .

مجرّةٌ

مادّةٌ كوْنيّةٌ عاليةُ الْكثافة

٤ وكوّن الْهيدْروجين والْهيلْيوم جُيُوبًا غازيّةً كثيفةً عشْوائيّةً ، قدْ يرْجعُ تكوُّنُها إلى اضْطرابات صغيرةٍ فى الْجاذبيّة أثْناء تمدُّد الْكوْن . وبدأت الْمجرّاتُ الْبدائيّةُ تتكوّنُ فى هذه الْجيُوب .

# مَا هُوَ تَرْكِيبُ الْكَوْنِ؟

● حشْدٌ فَوْقَ حَشْدٍ

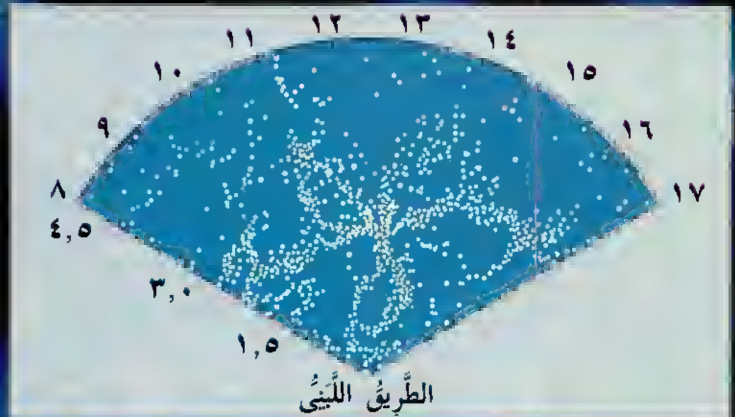
الْحشُودُ الْعُظْمَى هِىَ تجمُّعاتٌ هائلةٌ مِنْ حُشُودٍ مَجَرِّيَّةٍ تماسكتْ معًا بِوَاسِطةِ الْجاذِبِيَّةِ . مكوّنةً حوائط شبه فُقَاعِيَّةٍ . وتُغطِّى الْحشُودُ مِساحاتٍ يَبْلغُ عرْضُها مِنْ ٣٠ مِلْيونا إلى ٤٠ مِلْيون سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ ، أمّا الحُشُودُ الْعُظمَى فتُغطِّى ١٠ أمْثالِ هذِهِ الْمساحة .

● الْحشْدُ الأَعْظَمُ المَحلِّى

يُوضِحُ الرَّسْمُ أسْفلَ جُزءًا صَغِيرًا مِن الْحشْدِ الأعْظمِ المَحلِّى وَهُوَ المُتضمِّنُ لِمجْموعتِنَا الْمَحلِّيَّةِ . ويمْتدُّ حوالَى ١٥٠ مِلْيونَ سَنَةٍ ضوْئِيَّةٍ فِى الْفضاء .

تجمُّعاتٌ مِنْ حُشُودٍ عُظْمَى

حَشْدٌ أعْظمْ ( مكبر )



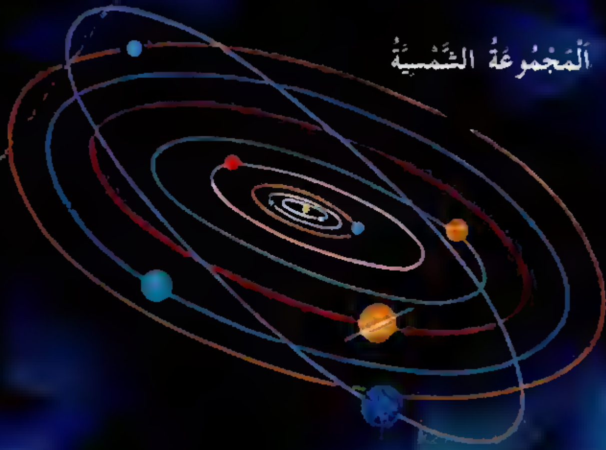

فِى هَذِهِ الشَّرِيحة الْمَرْوحيَّة مِن الْكَوْن ــ كما ترى من الأَرْض ــ تَسْتقِرُّ الْحُشُودُ الْعُظْمى مِثْل الرَّغاوى حوْلَ فُقَّاعاتٍ فارِغةٍ مِن الْفضاءِ . وَأَكْبَرُ تَرْكِيزٍ فِى الْمَرْكَزِ يُبَيِّنُ حَشْدَ الْعَذْراءِ .

M ٣٣ ( مجرَّةُ المثلَّثِ الْحَلزونِيةُ )

يُقدِّرُ الْفلَكِيُّونَ عددَ الْمَجرّاتِ فِى الْكَوْنِ بِحوالَى ١٠٠ بِلْيُون مَجرَّةٍ ، وَكُلُّها تقْرِيبًا تَبْدُو مُتجمِّعةً فِى مَجْمُوعاتٍ مُمَيَّزةٍ أَوْ حُشُودٍ . وَتَرْبِطُ الْجاذِبِيَّةُ الْمَجرّاتِ مَعًا . وَالطَّرِيقُ اللَّبَنِىُّ هُوَ جُزْءٌ مِنْ حَشْدٍ مُتجاوِرٍ يَضُمُّ ٣٠ مَجرَّةً تُعْرفُ بِالْمجْمُوعَةِ الْمَحلِّيَّةِ الَّتِى تَنْتشِرُ فَوْقَ مِنطَقَةٍ عَرْضُها ٣٠ مِلْيونَ سَنَةٍ ضَوْئِيَّةٍ . وَبَعْضُ الْحُشُودِ الْمَجرِّيَّةِ صَغِيرَةٌ ، وبَعْضُها يَحتوِى آلافَ الأَعْضاءِ حَيْثُ تَمتدُّ عَبْرَ مَلايِينِ المَلايِينِ مِن السِّنِينَ الضَّوْئِيَّةِ . وهَذِهِ الْحُشُودُ الْمَجرِّيَّةُ تَتجمَّعُ بِدَوْرِها فِى حَشْدٍ أكْبَرَ يُعْرفُ بِالْحَشْدِ الأَعْظَمِ . وَمَجْموعتُنا الْمحلِّيَّةُ جُزْءٌ مِن الْحشْدِ الأَعْظَمِ المَحلِّى الَّذِى يَضُمُّ أكْثرَ مِن ١٠٠ حَشْدٍ . وَتَسْتقِرُّ كُلٌّ مِن الْحشُودِ وَالْحُشُودِ الْعُظْمَى فِى مَساراتٍ كَثِيفةٍ حَوْلَ فَجَواتٍ سَوْداءَ مِن الْفَراغِ فَتكْسِبُ الكَوْنَ مَظْهرًا شَبِيهًا بِالْفُقَاعاتِ . وَيَشُكُّ الْفَلَكِيُّونَ فِى وُجُودِ تَجمُّعاتٍ مِن الْحُشُودِ الْعُظْمَى .

## مَجرَّةُ الطَّرِيقِ اللَّبَنِيِّ

رغْم أَنَّ مجرَّةَ الطَّرِيقِ اللَّبنَى هِىَ ثانى أكْبرَ الأَعْضاءِ فِى المجْمُوعةِ الْمَحلِّيَّةِ . إِلَّا أَنَّها لا تَشْغَلُ سِوَى نِسبَةٍ ضَئِيلَةٍ مِن الْحَجْمِ الْكُلِّىِّ لِلْمَجْمُوعَةِ .




## اَلْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ

تَشْغَلُ الْمَجْمُوعَةُ الشَّمْسِيَّةُ بُقْعَةً صغِيرَةً جِدًّا ، عِنْدَ ثُلُثَى الْبُعْدِ عَن الْمَرْكَزِ مِن الطَّرِيقِ اللَّبَنِىِّ .

الطَّرِيقُ اللَّبَنِىُّ

الأسد ٢

الْمَجْمُوعَةُ المَحلِّيَّةُ

الدُّبُّ الْأَكْبَرُ

الأسد ١

التِّنِّين

NGC ٢٠٥

الدُّبُّ الأَصْغَرُ

الْمَرْأَةُ الْمُسَلْسَلَةُ

NGC ١٤٧

الطَّرِيقُ اللَّبَنِىُّ

NGC ١٨٥

مؤخرة السفينة

السدس

سحابة ماجلان الكبرى

سَحَابَةُ ماجلَّان الصُّغْرى

الفرن الكيماوى

## اَلْمَجْمُوعَةُ الْمَحَلِّيَّةُ

نَمُوذَجٌ لِحَشْدِ الْمَجْمُوعَةِ الْمحلِّيَّةِ الَّتِى تَضُمُّ أَكْثَرَ مِن ٣٠ مَجَرَّةً ، وَفِى مَرْكَزِهَا الطَّرِيقُ اللَّبَنِىُّ . وَالْمَرأَةُ الْمُسَلْسَلَةُ هِى الْمَجَرَّةُ الْوَحِيدَةُ الْأَكْبَرُ مِن مَجَرَّتِنَا ( أعلى ) ، وَهِىَ تَقْتَرِبُ مِن الطَّرِيقِ اللَّبَنِى بِسُرْعَةِ ١٦٠ ــ ١٩٠ ميلا / ثانية .

# مَا هِىَ الْكُوازارَاتُ ؟

اِكْتشف الْفلكيُون فِى أوائل السّتّينيّات إشارات رادْيُويَّة قويَّة آتية مِنْ أجْسامٍ خافِتةٍ شبيهَةٍ بالنُّجُوم . وَأَطْلَقُوا عليْها اسْم الْكُوازار الَّذى يعْنِى الْأجْسام الرَّادْيُويَّة الشّبيهة بالنُّجوم . وأوْضح طيْفُ هذِهِ الْمصادر الْغامضة بأَنَّ خُطُوط إشْعاعها لها إزاحاتٌ طيْفيَّةٌ حمْراءُ ، ممَّا يدُلّ على أنّها مصادرُ بعيدةٌ عن الْأرْض وتبْتعدُ بسُرْعة تُقاربُ سُرْعة الضّوْء . كما أنّ الْكُوازارات ظهرتْ أصْغر من الْمجرّات . وتحيّر الْفلكيُون ، كيْف يُمكنُ لأجْسام فى هذا الْحجْم أنْ تصْدر إشْعاعا بهذه الْكثافة !. واسْتنْتجوا أنّ الْكُوازارات لها سُطوعٌ غيْرُ مفْهوم ، وقدْ يصلُ إلى تريلْيُون مرّة قدْر سُطوع الشّمْس . وتفْترضُ إحْدى النّظريّات أنّ مصْدر سُطوعها هى ثُقوبٌ سوْداءُ عمْلاقةٌ ، وأنّ الْكُوازارات هى الْمراكزُ الْبالغةُ الْإضاءة للْمجرّات الطّفْلة .

وتظْهرُ الْكُوازاراتُ خافتة لأنّها بعيدةٌ جدّا . فأقْربها على بُعْد ٤ بلايين سنة ضوْئيّة من الْأرْض ، بيْنما يصلُ بُعْدُ أبْعدها إلى ستّة أمْثال هذه الْمسافة . ويسْعى الْفلكيُون إلى اكْتشاف أجْسام أبْعد أوْ أقْدم من الْكُوازارات ، الّتى قدْ يرْجعُ بعْضُها إلى تاريخ الْكوْن عنْدما كان عُمْرُهُ ٢ بلْيُون سنَةٍ فقطْ . فالْكُوازاراتُ ـــ إذا ـــ هى بوّاباتٌ إلَى الْماضى تُعْطى الْعُلماء نظْرة مبْدئيّة عن الظُّرُوفِ التّالية للانْفجار الْعظيم مُباشرة .





الْمسافةُ ( بالسّنين الضّوْئيّة )
سُرْعةُ التّراجع ( سرعة الضوء ١ )

هَيدْرُوجين وَهيلْيُوم ذَرِّى

إشْعَاعٌ كَوْنِىٌّ خَلْفِىٌّ

هَيدْرُوجين وهيلْيُوم مُتَأيِّنٌ

المَجرَّاتُ الْأساسِيَّةُ

المَجرَّاتُ الْبِدائِيَّةُ

الْكُوازَارَات

مجرات ... جدًّا لاتُرى

مَجَرَّاتٌ بعيدةٌ

٠,٩٩٩٩٩ — ٠,٩٩٩٩ — ٠,٩٩٩ — ١,٦٤ × ١٠١٠ — ٠,٩٩ — ١,٥ × ١٠١٠ — ٠,٩ — ٠,٧ — ١٠١٠ — ٠,٥ — ٠,١ — ٩١٠ — ٠,٠١ — ٨١٠ — ٧١٠

## تَطوُّرٌ كَوْنىٌّ

إنّ النّظْرة من الْأرْض إلى الْفضاء هى نظْرةٌ إلى الزّمن الْماضى . كما يُوضّحُ هذا الشّكْلُ الْمخْرُوطىّ للْكوْن ( أعلى ) . فالْمجرّةُ الْقريبةُ على بُعْد ١٠ ملايين سنة ضوْئيّة نراها كما كانتْ مُنْذُ ١٠ ملايين سنة لأنّ الضّوْء الّذى وصل إليْنا منْها اسْتغْرق هذا الزّمن . والْمنْطقةُ عنْد حافة المخْرُوط تكْشفُ عن السّنوات الْبعيدة عقب الانْفجار الْعظيم . عنْدما كان الْكوْنُ يتوهّجُ بإشْعاع كوْنىّ خلْفىّ . وتلا ذلك تبْريدٌ سريعٌ جمدتْ فيه الْمادّةُ لتكوّن الْمجرّات الْأساسيّة . وأُولى الْكُوازارات الْمُكْتشفة كانتْ قريبةً منْ هذا الْوقْت . لأنّها على بُعْد حوالىْ ٣ بلايين سنة ضوْئيّة . ويعْتقدُ الْفلكيّون أنّ الْكُوازارات هى مجرّاتٌ فى طوْر التّكْوين . والْكُوازاراتُ الْخافتةُ . هى أقْربُ للْوقْت الْحاضر . حيْثُ حلّ محلّها الْمجرّاتُ العاديّةُ الْأكْثرُ وفْرة .

## إشْعاعٌ مُحيِّرٌ

ينْبثقُ من الْجانب الْعُلْوىّ للْكُوازار ٣ ح ٢٧٣ نفْثًا خافتًا من الْغاز . يعْتقدُ الْعُلماءُ أنّ مصْدرهُ ثقْبٌ أسْودُ فى مرْكز الْكُوازار . وقدْ يكُونُ الثّقْبُ الْأسْودُ أيْضًا سببًا للسُّطُوع الْعالى للْكُوازار الّذى يبْعثُ طاقة فى ثانية واحدة تُعادلُ ما تبْعثُهُ الشّمْسُ فى ٣٠٠٠٠٠ سنة .



# هَلْ يَتَمَدَّدُ الْكَوْنُ ؟

كان الْفَلكِيُونَ يظُنُّون أَنَّ الْكَوْن كبيرٌ إِلَى مَا لا نهَايَةَ وَلَكِنَّهُ لا يُغَيِّرُ شَكْلَهُ أَوْ حَجْمَهُ . وفِى أَوَاخِرِ الْعِشْرِينِيَّات من الْقَرْنِ الْحَالِى تَوَصَّلَ الْفَلكِىُّ الْأَمْرِيكِىُّ أَدْوين ب . هَبِلْ إِلَى اكْتِشَافٍ مُذْهِلٍ بَعْدَ قِيَاسِ الْأَبْعَادِ بَيْنَ الْمَجرَّاتِ وَمُقَارَنَتِها بِسُرْعَةِ التَّرَاجُعِ : كُلَّما زَادَ بُعْدُ الْمَجرَّةِ عَنَّا ، فَإِنَّها تَبْتَعِدُ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرَ . وَسَمَّى هَذَا قَانُونَ هَبِلْ الَّذِى قَادَ الْفَلكِيِّين إِلى اسْتِنْتَاجٍ لَامفرَّ مِنْهُ : إِذَا كانت الْمَجرَّاتُ تَبْتَعِدُ عَنْ بَعْضِها فِى جَميعِ الِاتِّجَاهَات ، فَإِنَّ الْكَوْن يَتمَدَّدُ . ولكنْ هلْ يَسْتَمِرُّ هذا التَّمدُّدُ ؟ هذَا فِى علْمِ الْغَيْب

مَجَرَّةٌ

## قانونُ هبِلْ

يُوضِّحُ الرَّسْمُ الْبيانِيّ قانونَ هبِلْ : كُلَّما زادَ بُعْدُ حَشْدٍ مجرِّيّ عَنْ حَشْدٍ آخَرَ عَلى اسْتِقامتِهِ ، كُلَّما زادَتْ سُرْعَةُ ابْتِعادِهِ .



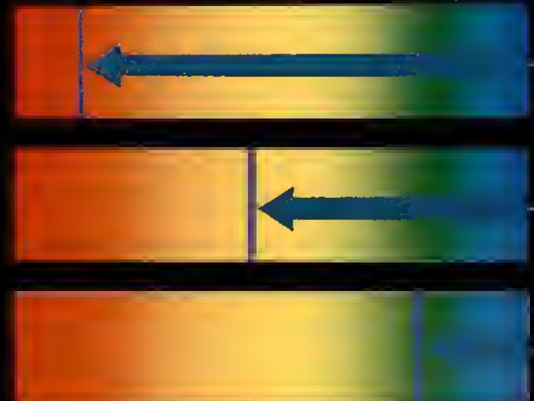

## كَوْنٌ مَفْتوحٌ أَمْ مُغْلَقٌ ؟

يَنْتظِرُ الْكَوْنَ أَحدُ مصيرَيْن . فتحت كثافةٍ حرجةٍ تُساوى ٣ ذَرات هيدْروجين فى كُلّ ٣٥ قدمًا مُكعَّبًا ، تخفقُ الجاذبيَّةُ فى حفْظِ الْكَوْن مُتماسكًا . فيتمدَّدُ إلى الأَبد ( أسفل يسار ) . وفَوْقَ هذه الْكثافة الْحرجة ، تعْمَلُ الْجاذبيَّةُ على انْكماش الْكَوْن إلى الانْسِحاق الأَعْظَم .

كَوْنٌ مُغْلَقٌ — كَوْنٌ مفْتوحٌ

## تمدُّدٌ كوْنيٌّ

إذا بَدأْنا بِمجرَّةٍ مُفْردةٍ ( يمين ) ، فإنَّ الْمَجرّاتِ الْأُخْرى تَبْتعِدُ عَنْها بِسُرْعاتٍ تَتَناسَبُ مَعَ أَبْعادِها . فَالْكُوازارات — مَثَلًا — هِيَ أَبْعَدُ الْأَجْسامِ فى الْكَوْن . وكَما يظْهرُ أسْفَل ، فَإِنَّ خُطوطَ امْتِصاصِها تُزاحُ جهَةَ النِّهايَةِ الْحمْراء فى الطَّيْف ( العلوى ) ، وهذَا يَعْنِى أَنَّها تَتراجعُ بِسُرعةٍ تَفُوقُ الْأَجْسامَ الْأَقْرَب ( الأوسط والسفلى ) . وحتَّى إذَا اسْتُخْدِمَتْ مَجرَّةٌ أُخرى كَنُقْطة بدايَةٍ ، فإنَّ الْعَلاقَةَ بيْنَ السُّرْعةِ وَالْمسافَة ستظلُّ كما هى . وهذا الثَّابتُ يفْترِضُ أنَّ الْكَوْن يَتمدَّدُ فى جميعِ الاتِّجاهات .



# 7 رَصْدُ السَّمَاوَاتِ

قَبْلَ أَنْ تُوجَدَ التِّلِسْكُوبَاتُ ، أَسَّسَ الْفَلَكِيُّونَ قَوَاعِدَ عِلْمِهِمْ بِاسْتِخْدَامِ الْعَيْنِ الْبَشَرِيَّةِ . وَأَطْلَقُوا أَسْمَاءً عَلَى النُّجُومِ الْمَرْئِيَّةِ وَالْأَشْكَالِ الَّتِي تَصْنَعُهَا . فَاكْتَشَفُوا خَمْسَةَ كَوَاكِبَ وَرَسَمُوا كُسُوفَ الشَّمْسِ وَخُسُوفَ الْقَمَرِ . وَلَكِنَّ الطَّبِيعَةَ الْحَقِيقِيَّةَ لِلْأَجْسَامِ السَّمَاوِيَّةِ انْتَظَرَتْ حَتَّى اخْتِرَاعِ التِّلِسْكُوبِ . وَفِي عَامِ ١٦٠٩ بَنَى صَانِعُ عَدَسَاتٍ دَانِمَرْكِيٌّ تِلِسْكُوبًا ، وَلَمَّا سَمِعَ الْعَالِمُ الْإِيطَالِيُّ جَالِيلْيُو جَالِيلِي بِذَلِكَ صَنَعَ مِنْظَارَهُ الْخَاصَّ مِنْ عَدَسَةٍ مُحَدَّبَةٍ وَعَدَسَةٍ مُقَعَّرَةٍ مَحْمُولَتَيْنِ فِي أُنْبُوبٍ مِنَ الرَّصَاصِ . وَكَتَبَ « عِنْدَمَا نَظَرْتُ خِلَالَ الْعَدَسَةِ الْمُقَعَّرَةِ رَأَيْتُ الْأَجْسَامَ مُكَبَّرَةً بِدَرَجَةٍ مُنَاسِبَةٍ وَقَرِيبَةٍ . وَفِي السَّنَوَاتِ التَّالِيَةِ الْفُوَّهَاتِ الْبُرْكَانِيَّةَ عَلَى الْقَمَرِ ، وَالْبُقَعَ الشَّمْسِيَّةَ عَلَى الشَّمْسِ ، وَحَلَقَاتِ زُحَلَ ، وَأَرْبَعَةَ أَقْمَارٍ لِلْمُشْتَرِي .

وَالْآنَ ، يَكْشِفُ الْمِنْظَارُ الْمُزْدَوَجُ أَكْثَرَ مِنْ آلَةِ جَالِيلْيُو ، وَتَرَى التِّلِسْكُوبَاتُ الْحَدِيثَةُ حَتَّى حَوَافِّ الْكَوْنِ تَقْرِيبًا . وَلَكِنَّ الْكَوْنَ يَمْتَلِئُ بِإِشْعَاعَاتٍ كَثِيرَةٍ ذَاتِ أَطْوَالٍ مَوْجِيَّةٍ لَيْسَتْ فِي مَجَالِ الضَّوْءِ الْمَرْئِيِّ . وَفِي الْعُقُودِ الْأَخِيرَةِ ، طَوَّرَ الْفَلَكِيُّونَ التِّلِسْكُوبَاتِ لِيَتَمَكَّنُوا مِنْ رُؤْيَةِ الْمَوْجَاتِ الرَّادْيُوِيَّةِ وَالْقَصِيرَةِ جِدًّا ، وَالْإِشْعَاعَاتِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ وَتَحْتَ الْحَمْرَاءِ ، حَتَّى الْأَشِعَّةِ السِّينِيَّةِ وَأَشِعَّةِ جَامَا — بَاقِي طَيْفِ الطَّاقَةِ الْكَهْرُومَغْنَاطِيسِيَّةِ الْمُنْبَعِثَةِ مِنَ الْأَجْسَامِ السَّمَاوِيَّةِ . وَالْأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ فَوْقَ الْغِلَافِ الْجَوِّيِّ الْمُظْلِمِ لِلْأَرْضِ تُمِدُّنَا بِصُوَرٍ لِلْكَوْنِ أَكْثَرَ وُضُوحًا ، كَمَا انْطَلَقَتْ بَعْضُ سُفُنِ الْفَضَاءِ إِلَى الْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى . وَهُنَاكَ طُرُقٌ مُتَعَدِّدَةٌ لِاسْتِجْلَاءِ أَسْرَارِ الْكَوْنِ ، كَمَا أَنَّهُ سَيَظَلُّ دَائِمًا هُنَاكَ الْمَزِيدُ مِنَ الْأَسْرَارِ الْحَافِزَةِ لِكَشْفِهَا فَسُبْحَانَ مَنْ عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ .

دَاخِلَ الْقُبَّةِ الْمُتَحَرِّكَةِ لِمَرْصَدٍ ، يُرَكِّزُ تِلِسْكُوبٌ حَدِيثٌ عَلَى وَاحِدٍ مِنْ بَلَايِينِ الْأَجْسَامِ السَّمَاوِيَّةِ الَّتِي تَمْلَأُ السَّمَاءَ لَيْلًا .



# كَيْفَ تَعْمَلُ التِّلِسْكُوبَاتُ الْبَصَرِيَّةُ ؟

اِقْتَنَصَت التِّلِسْكُوبَاتُ الْبَصرِيَّةُ عَلَى مَدَارِ أَرْبَعَةِ قُرُونِ الضَّوْءَ الْمُنْسَابَ تُجَاهَ الْأَرْضِ مِنْ جَمِيعِ أَرْجَاءِ الْكَوْنِ . وَلِهَذِهِ التِّلِسْكُوبَاتِ نَوْعَانِ : الانْكِسَارِيَّةُ ، وَتَسْتَخْدِمُ عَدَسَاتٍ لِتُرَكِّزَ الضَّوْءَ مُبَاشَرَةً فِي الْعَدَسَاتِ الْعَيْنِيَّةِ ، وَالِانْعِكَاسِيَّةُ الَّتِي تَعْكِسُ الضَّوْءَ عَلَى مَرَايَا قَبْلَ إِرْسَالِهِ إِلَى الْعَدَسَةِ الْعَيْنِيَّةِ . وَالتِّلِسْكُوبَاتُ الْقَدِيمَةُ كَانَتْ مِن النَّوْعِ الانْكِسَارِيِّ ، ولَكِنَّ عَدَسَاتِهَا كَانَ يَتَغَيَّرُ شَكْلُهَا عِنْدَمَا يَزِيدُ قُطْرُ قُرْصِهَا عَنْ ٤٠ بُوصَةً . وَالتِّلِسْكُوبَاتُ الضَّخْمَةُ مِثْلُ تِلِسْكُوبِ هِيل ــ الْمُوَضَّحُ هُنَا ــ مِن النَّوْعِ الانْعِكَاسِيِّ ، وَقَدْ شُيِّدَ عَلَى جَبَلِ بَالُومَار فِي كَالِيفُورْنِيا ويُمْكِنُ لِمِرْآتِهِ ــ الَّتِي يَبْلُغُ قُطْرُ قُرْصِهَا ٢٠٠ بُوصَةٍ ــ أَنْ تَجْمَعَ كَمِّيَّاتٍ عَظِيمَةً مِن الضَّوْءِ . وَيَتَحَكَّمُ فِيهِ جِهَازُ تَصْوِيرٍ إِلِكْتُرونِيٌّ ، يَسْمَحُ لَهُ بِتَعَقُّبِ أَضْوَاءِ الْمَجَرَّاتِ الَّتِي تَبْعُدُ عَنَّا بَلَايِينَ السِّنِينَ الضَّوْئِيَّةِ .



تِلِسْكُوب هِيل ذُو ال ٢٠٠ بُوصَةٍ يُفْتَحُ إِلَى السَّمَاءِ لَيْلًا .

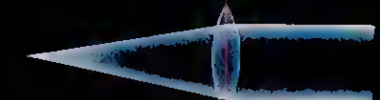
● الْأَقْطَارُ وَالضَّوْءُ

الْعدسات والْمرايا الْأَكْبَرُ تَجْمَعُ ضَوْءًا أَكْثَرَ





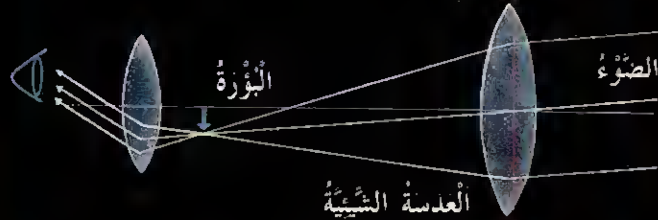








● التِّلِسْكُوبُ الْانكسارِيّ




فِى التِّلِسْكُوبُ الْانكسارِىّ ، يمُرُّ الضَّوْءُ خلال عدسةٍ شَيْئِيَّة مُحدَّبة تَجْمَعُ الضَّوْء فِى الْبُؤْرة . والْعدسةُ الْعَيْنِيَّةُ تُكبِّرُ الصُّورة .

● التِّلِسْكُوب الانْعكاسِيّ




يصْطدمُ الضَّوْءُ بمرْآة مُقعَّرة ابْتدائيَّة عنْد الطَّرف الْخلْفِىّ للتِّلِسْكُوب ، فيرْتدُّ إِلى مرْآةٍ مُحدَّبة أَصْغر ثُمَّ ينْعكسُ إِلى مرْآة مُسْتوية مائلة تعْكسُهُ إِلى الْمرْآة الْعيْنِيَّة .




مَقطعٌ تَفصِيليٌ فِي تِلِسْكُوبِ هِيل

رَغْمَ التَقدُّمِ الكَبيرِ فِي تَقنِيَةِ التلِسْكُوبَاتِ فِي العُقودِ الأَربعَةِ الأخيرةِ مُنذُ انتهاءِ صِناعَةِ تِلِسْكُوبِ هِيل ، إلا أنَّهُ مازالَ واحِدًا مِن أضخمِ الأجهزَةِ البَصريَّةِ فِي العَالمِ . ويستقِرُّ العَاكِسُ الضخمُ على مِقرنٍ يسمحُ لهُ بالدورانِ ، ولهُ ثلاثُ بُؤراتٍ رئيسيَّةٍ ، كُلٌّ منها على بُعدٍ مُختلِفٍ مِن مَركزِ المِرآةِ . البُؤرةُ الابتدائيَّةُ فِي قفصٍ عندَ أعلى الأنبوبِ . وبُؤرةُ كاسيجرين التِي تُنتِجُ الصُّوَرَ المُكبرةَ عِندَ قاعِدةِ الأنبوبِ . أمَّا بُؤرةُ كُودي فهِي غُرفةٌ مُستقِلَّةٌ تحتَ التلِسْكُوبِ . ونظامُ كُودي يزيدُ مِن أهميَّةِ التلِسْكُوبِ لأنَّهُ يُحلِّلُ ضوءَ النجمِ إلى طيفٍ يكشِفُ عن غازاتِ جوِّ النجمِ ودرجةِ حرارتِهِ .

# كَيْفَ تَعْمَلُ التِّلِسْكُوبَاتُ الرَّادْيُويَّةُ ؟

فِي عام ١٩٣٧ ، شَيَّدَ مُهَنْدِسُ إِلِكْتُرونِيَّاتٍ أَمْرِيكِيٌّ يُدْعَى جروت ريبر ، مُسْتَقْبِلًا لاَسِلْكِيًّا ضَخْمًا عَلَى شَكْلِ قُرْصٍ مِن الْخَلْفِ وَأَثْبَتَ بِوَاسِطَتِهِ وُصُولَ إِشَارَاتٍ لاَسِلْكِيَّةٍ مِن الْفَضَاءِ إِلَى الْأَرْضِ . وَسُرْعَانَ مَا تَحقَّقَ الْفَلَكِيُّونَ أَنَّ كَثِيرًا مِن الْأَجْسَامِ فِي الْفَضَاءِ — مِن النُّجُومِ إِلَى سُحُبِ الْغُبَارِ — تَبْعَثُ مَوْجَاتٍ رَادْيُوِيَّةً ، وَأَنَّهُ بِدِرَاسَتِهَا يُمْكِنُ التَّعَرُّفُ عَلَى الْكَثِيرِ عَن الْفَضَاءِ . وَلِذَلِكَ بَادَرُوا بِتَصْمِيمِ أَطْبَاقٍ رَادْيُوِيَّةٍ ضَخْمَةٍ لِالْتِقَاطِهَا الْمَوْجَاتِ الْكَوْنِيَّةَ غَيْرَ الْمَرْئِيَّةِ وَالَّتِي لَمْ تُكْتَشَفْ بَعْدُ .

وَيَسْتَخْدِمُ الْفَلَكِيُّونَ الرَّادْيُوِيُّونَ طِرَازًا مِن التِّلِسْكُوبَاتِ يَخْتَلِفُ عَن التِّلِسْكُوبِ الْبَصَرِيِّ التَّقْلِيدِيِّ . وَالْمَوْجَاتُ الرَّادْيُوِيَّةُ أَطْوَالُهَا الْمَوْجِيَّةُ تَزِيدُ كَثِيرًا عَنْ مَوْجَاتِ الضَّوْءِ الْمَرْئِيَّةِ . وَنَتِيجَةً لِذَلِكَ فَإِنَّهَا لاَ تُرَى إِلَّا إِذَا اقْتُنِصَتْ بِوَاسِطَةِ هَوَائِيَّاتٍ قُرْصِيَّةٍ ضَخْمَةٍ ثُمَّ حُوِّلَتْ إِلَى إِشَارَاتٍ إِلِكْتُرونِيَّةٍ . وَأَهَمُّ جُزْءٍ فِي التِّلِسْكُوبِ الرَّادْيُوِيِّ هُوَ طَبَقٌ ضَخْمٌ يَصِلُ قُطْرُهُ عَادَةً إِلَى ١٠٠ قَدَمٍ تَقْرِيبًا ، يَأْسِرُ الْإِشَارَاتِ ثُمَّ يَقُومُ بِتَرْكِيزِهَا عَلَى مُسْتَقْبِلٍ إِلِكْتُرونِيٍّ ، كَمَا تَفْعَلُ الْمِرْآةُ الاِبْتِدَائِيَّةُ فِي تِلِسْكُوبٍ عَاكِسٍ .. وَيُوَجِّهُ الْمُسْتَقْبِلُ الْإِشَارَاتِ إِلَى حَاسِبٍ آلِيٍّ يُتَرْجِمُهَا إِلَى صُوَرٍ وَرُسُومَاتٍ بَيَانِيَّةٍ يَفْهَمُهَا الْفَلَكِيُّونَ .

يُعَلَّقُ الْعَاكِسُ الْمُسَاعِدُ فِي بُؤْرَةِ الطَّبَقِ الرَّئِيسِيِّ . وَهُوَ يَعْكِسُ الْمَوْجَاتِ الْمُنْعَكِسَةَ عَلَى الطَّبَقِ الرَّئِيسِيِّ إِلَى مُسْتَقْبِلَاتٍ فِي قَاعِدَةِ التِّلِسْكُوبِ .

اَلسَّطْحُ الدَّاخِلِيُّ لِلطَّبَقِ يُسَمَّى الْعَاكِسَ الرَّئِيسِيَّ ، وَيُغَطَّى بِـ ٦٠٠ لَوْحٍ عَاكِسٍ مَصْنُوعَةٍ مِنْ مَادَّةٍ خَفِيفَةِ الْوَزْنِ عَالِيَةِ الْمُقَاوَمَةِ لِلْحَرَارَةِ . وَيُرَكِّزُ الطَّبَقُ الْمُقَوَّسُ الْمَوْجَاتِ الرَّادْيُوِيَّةَ عَلَى الْعَاكِسِ الْمُسَاعِدِ .

إِطَارُ الطَّبَقِ لَهُ لَوْحٌ يَحْفَظُ الطَّبَقَ عِنْدَ دَرَجَةِ حَرَارَةٍ ثَابِتَةٍ ، فَيَمْنَعُ تَشَوُّهَ الْإِشَارَاتِ .

عَاكِسٌ مُسَطَّحٌ

يُوَجِّهُ الْفَلَكِيُّونَ الطَّبَقَ بِدِقَّةٍ ، بِوَاسِطَةِ نِظَامِ دَوَرَانٍ عَالِي السُّرْعَةِ .

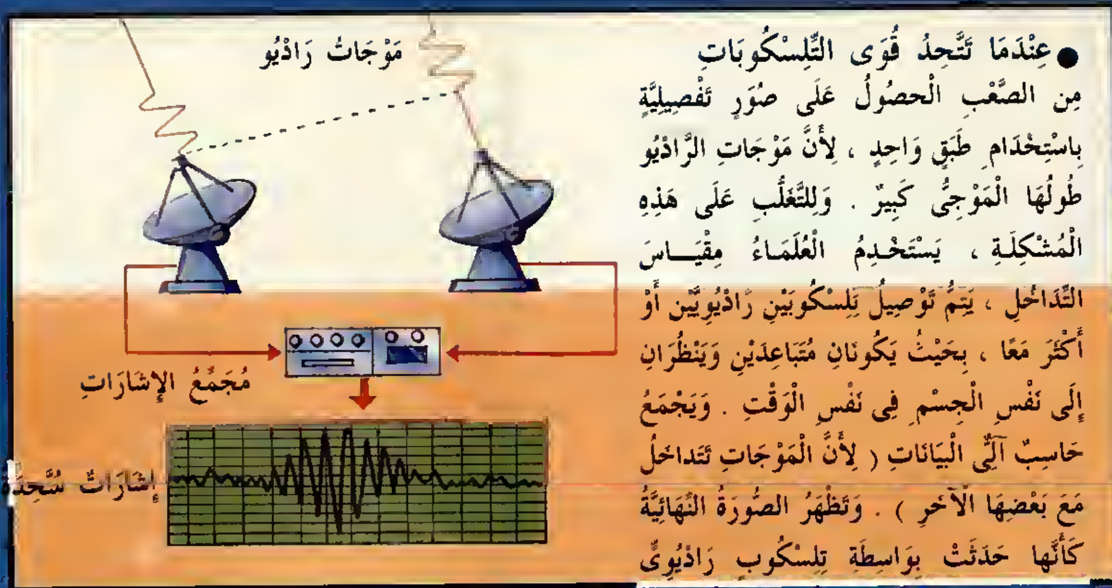
حُجْرَةُ آلَاتٍ سُفْلِيَّةٌ

مُسْتَقْبِلُ مَوْجَاتِ ٣ سم

عَجَلَاتٌ

## اِقْتِنَاصُ الْمَوْجَاتِ الرَّادْيُوِيَّةِ

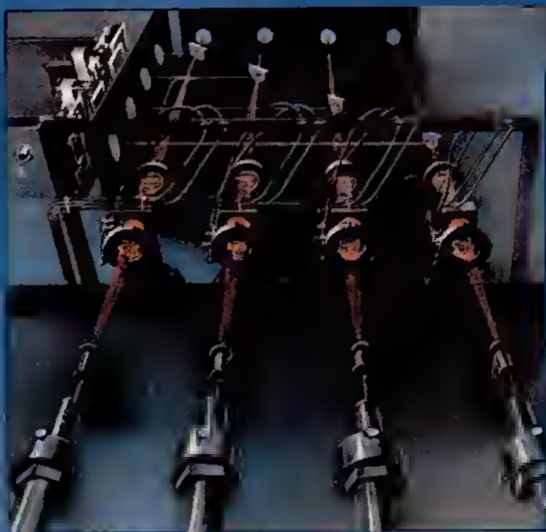
فِي الصُّورَةِ التِّلِسْكُوبُ الرَّادْيُوِيُّ فِي نُوبِيَاما الرَّادْيُوِيُّ الْيَابَانِيُّ . وَلَهُ طَبَقٌ مُقَوَّسٌ قُطْرُ ١٤٧ قَدَمًا يُعْطِي الْعُلَمَاءَ صُوَرًا تَفْصِيلِيَّةً عَن الْكَوْنِ . وَتَصْطَدِمُ الْمَوْجَاتُ الرَّادْيُوِيَّةُ بِالطَّبَقِ الْكَبِيرِ فَتَرْتَدُّ إِلَى الْعَاكِسِ الْمُسَاعِدِ الْأَصْغَرِ الْمُعَلَّقِ فَوْقَ الطَّبَقِ بِجَمَالُونَاتٍ . وَيُرْسِلُ الْعَاكِسُ الْمُسَاعِدُ مَوْجَاتِ الرَّادْيُو إِلَى أَسْفَلَ خِلَالَ الْمَرْكَزِ الْمَفْتُوحِ لِلطَّبَقِ إِلَى مُسْتَقْبِلٍ . ثُمَّ تُقَوَّى الْإِشَارَاتُ وَتُرْسَلُ إِلَى حَاسِبٍ آلِيٍّ يُحَوِّلُهَا إِلَى صُورَةٍ أَوْ رَسْمٍ بَيَانِيٍّ .



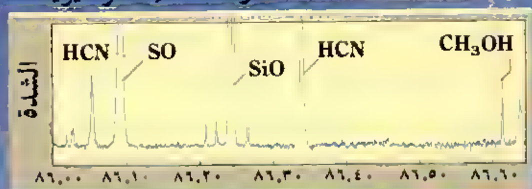

● عِنْدَمَا تَتَّحِدُ قُوَى التِّلِسْكُوبَاتِ مِنَ الصَّعْبِ الْحُصُولُ عَلَى صُوَرٍ تَفْصِيلِيَّةٍ بِاسْتِخْدَامِ طَبَقٍ وَاحِدٍ ، لِأَنَّ مَوْجَاتِ الرَّادْيُو طُولُهَا الْمَوْجِيُّ كَبِيرٌ . وَلِلتَّغَلُّبِ عَلَى هَذِهِ الْمُشْكِلَةِ ، يَسْتَخْدِمُ الْعُلَمَاءُ مِقْيَاسَ التَّدَاخُلِ ، يَتِمُّ تَوْصِيلُ تِلِسْكُوبَيْنِ رَادْيُوِيَّيْنِ أَوْ أَكْثَرَ مَعًا ، بِحَيْثُ يَكُونَانِ مُتَبَاعِدَيْنِ وَيَنْظُرَانِ إِلَى نَفْسِ الْجِسْمِ فِي نَفْسِ الْوَقْتِ . وَيَجْمَعُ حَاسِبٌ آلِيٌّ الْبَيَانَاتِ ( لِأَنَّ الْمَوْجَاتِ تَتَدَاخَلُ مَعَ بَعْضِهَا الْآخَرِ ) . وَتَظْهَرُ الصُّورَةُ النِّهَائِيَّةُ كَأَنَّهَا حَدَثَتْ بِوَاسِطَةِ تِلِسْكُوبٍ رَادْيُوِيٍّ ضَخْمٍ . وَيُمْكِنُ تَوْصِيلُ التِّلِسْكُوبَاتِ الرَّادْيُوِيَّةِ فِي الْقَارَّاتِ الْمُخْتَلِفَةِ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ ، فَكَأَنَّنَا اسْتَخْدَمْنَا طَبَقًا يَصِلُ إِلَى قُطْرِ الْأَرْضِ .

٢ • تَلْتَقِطُ الْمِرْآةُ الثَّانَوِيَّةُ الْمُسَطَّحَةُ الإِشَارَاتِ مِن الْعَاكِسِ الْمُسَطَّحِ. وَيَتَحَكَّمُ فِي الْمِرْآةِ الثَّانَوِيَّةِ حَاسِبٌ آلِيٌّ لِيُمْكِنَهَا تَوْجِيهُ الرَّادْيُو بِمُنْتَهَى الدِّقَّةِ .

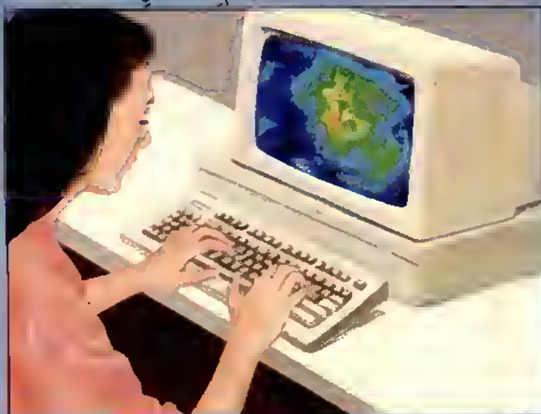
تَتَّخِذُ إِشَارَاتُ الرَّادْيُو طَرِيقَهَا مِنَ الْمِرْآةِ الثَّانَوِيَّةِ إِلَى الْمُسْتَقْبِلَاتِ



▲ مِطْيَافٌ يُحَلِّلُ الْمَوْجَاتِ الرَّادْيُوِيَّةَ




التردد ▲ تَحْلِيلٌ يُوَضِّحُ الْغَازَاتِ فِي سَدِيمِ الْجَبَّارِ .



▲ حَاسِبٌ آلِيٌّ يَعْرِضُ الْغَازَاتِ مُلَوَّنَةً .

٦ • مِرْآةٌ مُقَعَّرَةٌ

٧ • مُسْتَقْبِلَاتُ الإِشَارَاتِ ، تُبَرَّدُ حَتَّى لَا تَلْتَقِطَ التَّشَوُّشَاتِ الرَّادْيُوِيَّةَ الضَّالَّةَ وَهِيَ تَجْمَعُ مَوْجَاتٍ رَادْيُوِيَّةً مُتَعَدِّدَةَ الطُّولِ .

٤ • مِرْآةٌ مُقَعَّرَةٌ ٣ • مِرْآةٌ مُقَعَّرَةٌ ٥ • مِرْآةٌ مُقَعَّرَةٌ

# كَيْفَ يَقُومُ الْفَلَكِيُّونَ بِدِرَاسَةِ الشَّمْسِ؟

الشَّمْسُ نَجْمٌ مُتَوَسِّطٌ فقطْ . تُمدُّ الْأَرْضَ بِالْحرارةِ والضَّوْءِ اللَّازِمَيْنِ لِلْحياةِ ، وَذلِكَ بِحرْقِ أكْثَرَ منْ ٤ ملايينَ طنٍّ من الْغازاتِ كُلَّ ثانِيَةٍ عنْدَ درجاتِ حَرارةٍ تَبْلغُ ملايينَ الدَّرجاتِ الْفهْرنْهيتيَّةِ . وتَبْعثُ الشَّمْسُ طاقتَها بِطُرُقٍ كثيرةٍ مُخْتلفةٍ لمْ يَبْدأ الْعُلماءُ فِي التَّعرُّفِ على طبيعتِها إلَّا خلالَ الْأَرْبعينَ عامًا الْأخيرةَ . ولايُمكنُ دِراسةُ الشَّمْسِ بِآلةٍ واحدةٍ فقطْ ، لِأنَّها تُشعُّ مَوْجاتٍ كثيرةً مُخْتلفةَ الْأَطْوالِ . فمثلًا ، قدْ يَسْتخْدمُ الْفَلَكِيُّونَ تِلِسْكُوبًا بَصَرِيًّا لِلنَّظَرِ إِلَى الضَّوْءِ الْمرْئيِّ الْمُنْبعثِ مِن الْغازاتِ الْمُنْخفضةِ الدَّرجةِ بِالْقُرْبِ مِنْ سَطْحِ الشَّمْسِ . وقدْ تَقومُ التِّلِسْكُوبَاتُ الرَّادْيُويَّةُ بِدِرَاسَةِ حَرَكَةِ الْغازاتِ فِي الْإِكْليلِ الشَّمْسِيِّ . وَكُلُّ طُولٍ مَوْجِيٍّ يَكْشِفُ عَنْ تَفَاصِيلَ جَدِيدَةٍ . ويَشْتَرِكُ فِي جَمِيعِ الْبَيَانَاتِ عَنِ الشَّمْسِ ، التِّلِسْكُوبَاتُ الْبَصَرِيَّةُ والرَّادْيُويَّةُ ، وَالْأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ وَالْمَرَاصِدُ الشَّمْسِيَّةُ الْخَاصَّةُ .



▲ تِلِسْكُوبُ مَاكْمَاث فِي الْأَرِيزُونَا هُوَ أَكْبَرُ مَرْصَدٍ شَمْسِيٍّ فِي الْعَالَمِ ، وَالْجُزْءُ الْأَكْبَرُ مِنْهُ يَقَعُ تَحْتَ الْأَرْضِ كَامْتِدَادٍ لِلْجُزْءِ الْمائِلِ بِطُولِ ٤٩٢ قَدَمًا .

● تِلِسْكُوبَاتٌ رَادْيُويَّةٌ

تَرَى التِّلِسْكُوبَاتُ الرَّادْيُويَّةُ الْمَوْجَاتِ الطَّوِيلَةَ الَّتِي تُكَوِّنُ مَوْجَاتِ اللَّاسِلْكِي فِي نِهَايَةِ الطَّيْفِ . وَيُمْكِنُهَا مُلَاحَظَةُ الْإِشْعَاعِ الْمُنْبَعِثِ مِنَ الْغَازَاتِ السَّاخِنَةِ الْمتحرِّكَةِ فِي الْإِكْلِيلِ الشَّمْسِيِّ .

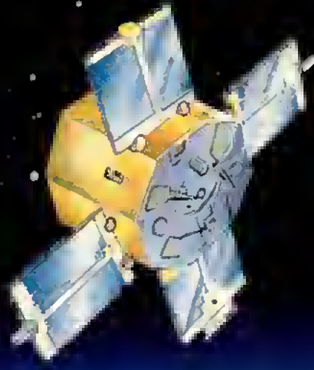



عاكِسٌ مُسطَّحٌ

حُجْرَةُ مُرَاقَبَةٍ

مِرْآةٌ مُقَعَّرَةٌ

مِقْيَاسُ الطَّيْفِ

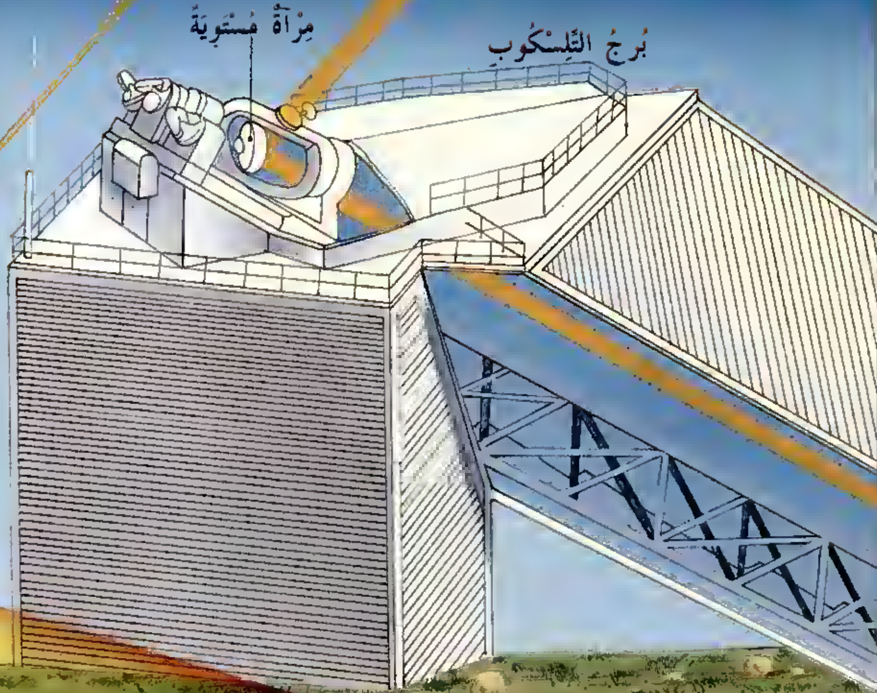


**الْأَقْمارُ الصِّناعِيَّةُ**

الْإِشْعاعاتُ الشَّمْسِيَّةُ فَوْقَ الْبَنَفْسِجِيَّةِ والسِّينِيَّةُ لاَ تَمُرُّ من الْغلافِ الْجوِّىّ للْأَرْضِ ، لأَنَّها مَوْجاتٌ قصيرةٌ جِدًّا . وَلا يُمْكِنُ دِراسةُ هذا النَّوْعِ مِن الْإِشْعَاعَاتِ إِلَّا بِوَضْعِ تِلِسْكُوبَاتٍ صَغِيرَةٍ عَلَى الصَّوَارِيخِ وَالْأَقْمار الصِّناعِيَّةِ .

**● تِلِسْكُوبات راديَوِيَةٌ**

تَحْتاجُ مُراقَبَةُ تَفاصِيلِ الْوَهَجِ الشَّمْسِيِّ إِلَى تِلِسْكُوبٍ مِنْ نَوْعٍ خاصٍّ ــ لَهُ بُعْدٌ بُؤْرِيٌّ طَوِيلٌ جدًّا ، لِيُرَكِّزَ عَلَى مِساحَاتٍ اتِّساعُهَا ١٠٠ مِيلٍ فَقَطْ مِثْلِ تِلِسْكُوبِ مَاكْمَاث . وَهُوَ فِي حَجْمِ بِنَاءٍ مِنْ ٥٠ طابقًا عَلَى جانِبه . بُرْجُهُ عَلَى ارْتِفاعِ ١١ طَابقًا فَوْقَ الْأَرْضِ ، وَيَسْمَحُ للضَّوْءِ بِالدُّخولِ دُونَ إِثَارَتِهِ بِالتَّيَّارَاتِ الْهَوائِيَّةِ الْقَرِيبَةِ مِن الْأَرْضِ ، ثُمَّ يَصْطَدِمُ بِمِرْآةٍ مُتحرِّكَةٍ تَقْتَفِى أَثَرَ الشَّمْسِ ، وتُوَجِّهُهُ إِلَى مِرْآةٍ مُقَعَّرةٍ عِنْدَ قاعِدَةِ الْأُسْطُوَانَةِ الْمائِلَة . لِيَنْعَكِسَ إِلَى مِرْآةٍ أُخْرى ، وَيَصِلُ أَخِيرًا إِلَى غُرْفَةِ الْمُراقَبَةِ .

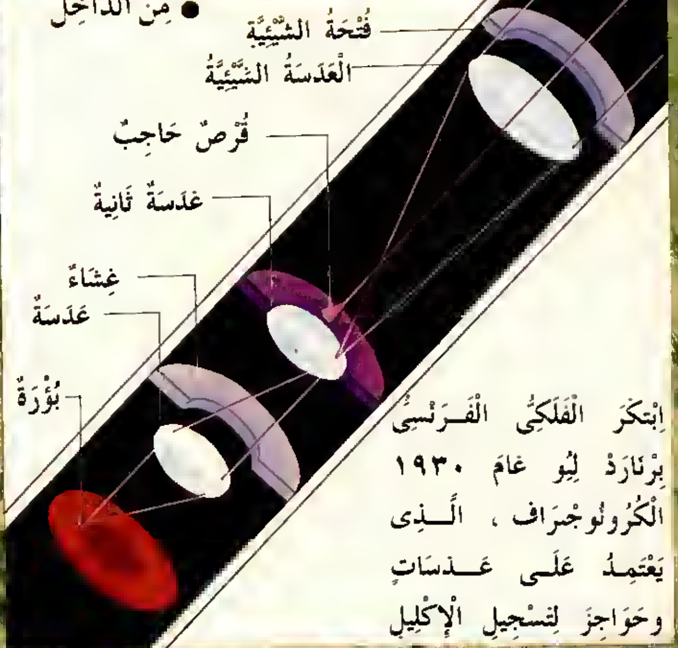



**● كرونوجراف**

الْكُرونوجْراف هُوَ نَوْعٌ خاصٌّ مِن التِّلِسْكُوبَاتِ الْبَصَرِيَّةِ يَسْمَحُ لِلْفَلَكِيِّين بِرُؤْيَةِ إِكْلِيلِ الشَّمْسِ . وَيُوجَدُ بِالْكُرُونوجْراف قُرصٌ فِى أُنْبوبِهِ يُحْدِثُ كُسُوفًا صِناعِيًّا ، لِأَنَّ الْإِكْلِيلَ لَا يُرَى إِلَّا إِذا حُجِبَ الضَّوْءُ السَّاطِعُ لِقُرْصِ الشَّمْسِ .



صُورَةٌ لِإِكْلِيلِ الشَّمْسِ مَأْخُوذَةٌ عَامَ ١٩٧٣ مِن سكاى لاب . ويَمْتَدُّ الْإِكْلِيلُ فِي الْفَضاءِ إِلى حَوالَى ضِعْفِ قُطْرِ الشَّمْسِ .




اِبْتكَرَ الْفَلَكِيُّ الْفَرَنْسِيُّ بِرْنَارْدُ لِيُو عَامَ ١٩٣٠ الْكُرُونُوجْرَاف ، الَّذِى يَعْتَمِدُ عَلَى عَدَسَاتٍ وحَوَاجِزَ لِتَسْجِيلِ الْإِكْلِيلِ فَقَطْ .

# مَاذَا تَرَى الأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ؟

مُنْذُ أَنْ أَطْلَقَ الاتِّحَادُ السُّوفْيِيتِي الْقَمَرَ الصِّنَاعِيَّ سبُوتنيك عام ١٩٥٧ ، وتوالتْ مئاتُ الْأَقْمَارِ الصِّنَاعِيَّةِ الَّتِي تَدُورُ فِي مَدَارَاتِهَا . وَقَدْ غَيَّرَتْ هَذِهِ الْآلَاتُ بِصُورَةٍ جِذْرِيَّةٍ نَظْرَةَ الْبَشَرِيَّةِ إِلَى الْكَوْنِ وَإِلَى الْأَرْضِ نَفْسِهَا . وتُوجَدُ الْأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ وَمُسْتَكْشِفَاتُ الْفَضَاءِ فِي ثَلَاثِ مَجْمُوعَاتٍ . الَّتِي تُرَاقِبُ الْأَرْضَ ، وَالَّتِي تَسْتَكْشِفُ الْفَضَاءَ ، وَالَّتِي تُسَافِرُ إِلَى الْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى فِي الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَلِلْأَقْمَارِ الصِّنَاعِيَّةِ أَثَرٌ وَاضِحٌ عَلَى الْحَيَاةِ الْبَشَرِيَّةِ لِأَنَّهَا تَتَتَبَّعُ طَقْسَ الْأَرْضِ وبيئتها . وَتُوَفِّرُ الْمُكَالَمَاتِ التِّلِيفُونِيَّةَ السَّرِيعَةَ وَالِاتِّصَالَاتِ اللَّاسِلْكِيَّةَ وَالتِّلِيفِزْيُونِيَّةَ . وَالْأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ الْأُخْرَى هِيَ مَرَاصِدُ فَلَكِيَّةٌ تَدْرُسُ النُّجُومَ وَالْمَجَرَّاتِ النَّائِيَةَ . كَمَا يُمْكِنُهَا دراسةُ الْأَشِعَّةِ الْكَوْنِيَّةِ وَالْإِشْعَاعَاتِ عَالِيَةِ التَّرَدُّدِ مِنْ أَعْمَاقِ الْفَضَاءِ ، وَأَنْ تَتَعَرَّفَ عَلَى السُّوبَرنُوفَاتِ وَالنُّجُومِ النِّيُوتْرُونِيَّةِ ، كُلُّ ذَلِكَ لِأَنَّهَا خَرَجَتْ مِنْ نِطَاقِ السِّتَارَةِ الْجَوِّيَّةِ الْمُظْلِمَةِ لِلْأَرْضِ . وَمُسْتَكْشِفَاتُ الْفَضَاءِ إِلَى الْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى تُعْطِي صُوَرًا وَقِيَاسَاتٍ عَنِ الْعَوَالِمِ الْغَرِيبَةِ الْمُحِيطَةِ بِهذه الْكَوَاكِبِ .

أطلق القمرُ الصناعي ... للأشعة تحت الحمراء عام ١٩٨٣ بواسطة وكالات الفضاء الأوروبيّة والأمريكيّة ، ... قد درس الإشعاعاتِ الكونيّة تحت الحمراء .

رغم عيوب نظامه البصريّ ، فإنّ تلسكوبَ الفضاءِ هبل الذي أُطلق عام ١٩٩٠ ، قد يرى أجسامًا خافتةً بمقدار ١/ ٥٠ من أخفت جسم تستطيع أحسنُ المراصد الأرضيّة رؤيتَه .

## مِنْ وَرَاءِ غِلَافِ الْهَوَاءِ

يَسْمَحُ الْغِلَافُ الْجَوِّيُّ لِلْأَرْضِ بِمَوْجَاتِ الرَّادْيُو ، وَالضَّوْءِ الْمَرْئِيِّ ، وَبَعْضِ الْمَوْجَاتِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ وَتَحْتَ الْحَمْرَاءِ بِالْوُصُولِ مِنَ الْفَضَاءِ إِلَى سَطْحِ الْأَرْضِ . وَلِكَيْ يَرَى الْعُلَمَاءُ الْإِشْعَاعَاتِ الْكَوْنِيَّةَ مِنْ سِينِيَّةٍ وَجَامَا وَمُعْظَمِ تَحْتَ الْحَمْرَاءِ وَفَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ ، يَجِبُ أَنْ يَخْرُجُوا فَوْقَ الْغِلَافِ الْجَوِّيِّ لِلْأَرْضِ . وَكَانَ يُسْتَخْدَمُ فِي الْمَاضِي الطَّائِرَاتُ عَالِيَةُ الِارْتِفَاعِ وَبَالُونَاتٌ خَاصَّةٌ وَصَوَارِيخُ صَغِيرَةٌ . أَمَّا الْآنَ فَالْأَقْمَارُ الصِّنَاعِيَّةُ الدَّوَّارَةُ تُوَفِّرُ لِلْعُلَمَاءِ نَافِذَةً ثَابِتَةً عَلَى السَّمَاءِ .

مَرْصَدُ تَحْتَ الْحَمْرَاءِ

مرصد راديوى

مَرْصَدٌ بَصَرِيٌّ

## مُسْتَكْشِفَاتُ الْكَوَاكِبِ

زَادَتْ مَعْرِفَتُنَا بِالْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ بِفَضْلِ الْمُسْتَكْشِفَاتِ الْمُرسَلَةِ إِلَى الْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى . وَقَدْ هَبَطَتْ مَرْكَبَتَانِ أَمْرِيكِيَّتَانِ عَلَى الْمِرِّيخِ ، وَمَكَثَتْ مَرْكَبَتَانِ رُوسِيَّتَانِ لِفَتْرَةٍ قَصِيرَةٍ عَلَى سَطْحِ الزُّهَرَةِ الْبَالِغِ السُّخُونَةِ . وَحَلَّقَتْ مَرْكَبَةٌ وَاحِدَةٌ عَلَى الْأَقَلِّ قَرِيبًا مِنْ جَمِيعِ الْكَوَاكِبِ عَدَا بُلُوتُو .

فِي عَامِ ١٩٧٦ ، هَبَطَ فِيكِنج ١ عَلَى الْمِرِّيخِ . وَقَدْ قَامَتْ الْمَرْكَبَةُ وَخَلِيفَتُهَا فِيكنج ٢ بِتَحْلِيلِ التُّرْبَةِ ، وَلَمْ يَتِمَّ الْعُثُورُ عَلَى أَىِّ أَثَرٍ لِلْحَيَاةِ . وَلَكِنَّ التُّرْبَةَ ا[illegible] الْمَاءِ [illegible] الْحَدِيدِ ، وَالْ[illegible]يتِ وَالْكَرْبُونِ .

قَامَتْ فُويجر ٢ الَّتِى أُطْلِقَتْ عَامَ ١٩٧٧ بِرِحْلَةٍ هَامَّةٍ فِى الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، فَزَارَتْ جَمِيعَ الْكَوَاكِبِ الْخَارِجِيَّةِ عَدَا بُلُوتُو .

أُطْلِقَتْ سِلْسِلَةُ مَارِينَر ١٠ مُسْتَكْشِفَاتٍ فَضَائِيَّةٍ [illegible] السِّتِّينِيَّاتِ [illegible]ات مِنْ هَذَا الْقَرْنِ . وَطَارَتْ مَرْكَبَةُ الْفَضَاءِ بِالْقُرْبِ مِنْ عُطَارِدِ وَالزُّهَرَةِ وَالْمِرِّيخِ .

صُمِّمَ مَرْصِدُ الْأَشِعَّةِ السِّينِيَّةِ الْيَابَانِى ، تنيما ، لِيَفْحَصَ عَنْ قُرْبٍ الْأَجْسَامَ عَنِيفَةَ النَّشَاطِ فِى الْفَضَاءِ ، مِثْلَ الثُّقُوبِ السَّوْدَاءِ وَالسُّوبَرْنُوفَا .

أُطْلِقَ عَامَ ١٩٧٨ مُسْتَكْشِفُ الْأَشِعَّةِ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ الدَّوْلِىِّ بِالتَّعَاوُنِ الْأَمْرِيكِى الْأُورُوبِى ، وَهُوَ يَرَى الْإِشْعَاعَاتِ لِلْغَازَاتِ بَيْنَ النَّجْمِيَّةِ وَالنُّجُومِ الْقَزَمِيَّةِ الْبَيْضَاءِ .

# مَا هِىَ الْقُبَّةُ الْفَلَكِيَّةُ الاصْطِنَاعِيَّةُ ؟ (الْقُبَّةُ السَّمَاوِيَّةُ) ؟

اَلْقُبَّةُ الفلكيَّةُ الاِصْطِنَاعِيَّةُ هِىَ نُمُوذَجٌ مُصَغَّرٌ جِدًّا وَدَقِيقٌ لِلْكَوْنِ . فَتَعْرِضُ صُوَرَ النُّجُومِ وَالْكَوَاكِبِ وَالسَّمَاوِيَّاتِ الْأُخرى على السَّطْحِ الدَّاخِلِى لِقُبَّةٍ بِوَاسِطَةِ آلَةٍ مُعَقَّدَةٍ هِىَ فِى الْحَقِيقَةِ مَجْمُوعَةٌ مِنْ أَجْهِزَةِ الْعَرْضِ تَعْمَلُ فِى تَنَاسُقٍ . وَتُعْتَبَرُ الْقُبَّةُ آلَةً لِلْوَقْتِ أَيْضًا ، لأَنَّها مُصَمَّمَةٌ على إِظْهَارِ السَّمَاوَاتِ كَمَا تُرَى من الْأَرْضِ . ويُمكنُها أَنْ تَعْرِضَ أَشْكَالَ النُّجُومِ كما كانتْ مُنْذُ آلافِ السِّنِين ، وَكَمَا سَتُصْبِحُ فِى الْقُرُونِ الْقَادِمَة . وَيُمْكِنُ أَنْ تَعْرِضَ أَيْضًا شَكْلَ السَّمَاءِ لَيْلًا كَمَا تَظْهَرُ مِنْ نِصْفَى الْكُرَةِ الشَّمَالِىِّ وَالْجَنُوبِىِّ . فَالْكَوْكَبَاتُ الَّتِى لاتُرَى فِى أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةِ ، مِثْلَ الصَّلِيبِ الْجَنُوبِىِّ ، تَظْهَرُ بِشَكْلِهَا الْحَقِيقِىِّ عَلى الْقُبَّةِ .

وَأُولَى الْقِبَابِ الْفَلَكِيَّةِ الاِصْطِنَاعِيَّةِ شُيِّدَتْ فِى الْعِشْرِينِيَّاتِ مِنْ هَذَا الْقَرْنِ بِوَاسِطَةِ شَرِكَةِ كَارْل زَايس لِلْبَصَرِيَّاتِ . وَبِحُلُولِ التِّسْعِينِيَّاتِ ، شَاعَ اسْتِخْدَامُهَا مَعَ الْحَاسِبَاتِ الْآلِيَّةِ ، وَأَجْهِزَةِ عَرْضِ الصَّوْتِ وَالصُّورَةِ ، وَبَعْضِ الْأَنْظِمَةِ التِّقْنِيَّةِ الْمُتَقَدِّمَةِ لِتُعَزِّزَ الشُّعُورَ الْكَامِلَ بِالتَّوَاجُدِ فِى الْفَضَاءِ الْخَارِجِىِّ . وَأَحْدَثُ هَذِهِ الْقِبَابِ يُمكِنُها تَمْثِيلُ رِحْلاتِ الْفَضَاءِ إِلَى النُّجُومِ الْأُخْرَى .



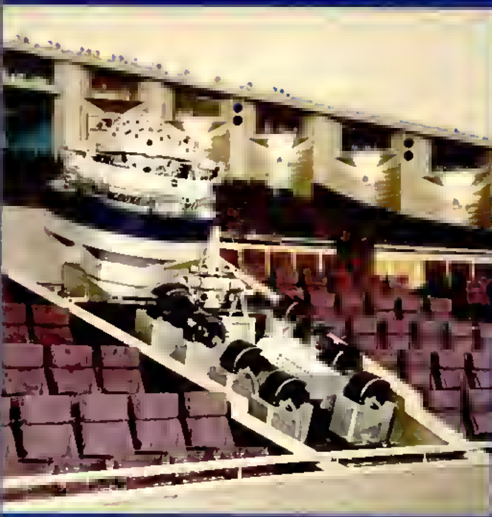


الدَّوْرَةُ الْوَاحِدَةُ لِقُرْصِ عَمُودِ إِدَارَةِ الْقُبَّةِ يُعَادِلُ حَرَكَةَ كَوْكَبٍ أَوْ نَجْمٍ فِى يَوْمٍ وَاحِدٍ .

● قُبَّةُ زَايس الْفَلَكِيَّةُ الاِصْطِنَاعِيَّةُ

اَلْكُرَاتُ فِى نِهَايَةِ قُبَّةِ زَايس وَالتى تُشبِهُ مَقَابِضَ رَفْعِ الْأَثْقَالِ ( أعلى يسار ) تَعْرِضُ نُجُومَ نِصْفَى السَّمَاءِ الجنوبى والشَّمالى . وَتَعْرِضُ الْكَوَاكِبَ مِنَ التَّرْكِيبِ الْوَاصِلِ بَيْنَ الْكُرَاتِ . وَبِالْقُبَّةِ تُرُوسٌ مُسَاعِدَةٌ تَجْعَلُهَا تَدُورُ لِتُوَضِّحَ التَّغَيُّرَاتِ الْيَوْمِيَّةَ وَالسَّنَوِيَّةَ فِى مَظْهَرِ السَّمَاءِ .





الإنفينيوم ، وَهُوَ قُبَّةٌ اصْطِنَاعِيَّةٌ مُعَقَّدَةٌ جَدِيدَةٌ ، فِى مَرْكَزِ سُوكِيُوبَا لِلاسْتِكْشَافَاتِ بِالْيَابَانِ ، وَتَسْتَخْدِمُ جِهَازَ عَرْضِ النَّجْمِ الْأُسْطُوَانِىِّ الْمُفْرَدِ .



## مَظْهَرُ السَّمَاءِ مِنْ كَوَاكِبَ أُخرَى

تَطَوَّرَتِ الْقِبَابُ الْفَلَكِيَّةُ الاصْطِنَاعِيَّةُ فِى الثَّمَانِينِيَّاتِ تَطَوُّرًا جَذْرِيًّا ، بَعْدَ ٦٠ عَامًا مِن التَّحْسِينَاتِ التَّدْرِيجِيَّةِ . فَتَمَكَّنَتْ مِنْ عَرْضِ رِحْلَاتٍ إِلَى نُجُومٍ تَبْعُدُ مِئَاتِ السِّنِين الضَّوْئِيَّةِ عَن الْأَرْضِ ، وَذَلِكَ بِمُسَاعَدَةِ الْحَاسِبَاتِ الْآلِيَّةِ ، مِثْلَ عَارِضِ مِينُولتَا الْبَصَرِىِّ ( أسفل ) . فَالْأَجْهِزَةُ كَانَتْ مُرْتَبِطَةً بِمظْهَرِ السَّمَاءِ مِن الْأَرْضِ فَقَطْ ، وَلَكِنَّ التَّقْنِيَاتِ الْحَدِيثَةَ أَتَاحَتْ لِلْقِبَابِ عَرْضَ الْكَوْنِ كَمَا يَظْهَرُ مِنْ عَلَى سَطْحِ الْمَرِّيخِ أَو الْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى .

# 8 اَلْحَيَاةُ فِى الْفَضَاءِ

كَانَ السَّفَرُ إِلَى الْفَضَاءِ وَاسْتِكْشَافُهُ مُجَرَّدَ حُلْمٍ حَتَّى ٤ أُكْتُوبَر ١٩٥٧ حِينَ أَطْلَقَ الِاتِّحَادُ السُّوفْيِتِّيُّ سُبُوتِينِيك ، أَوَّلَ قَمَرٍ صِنَاعِيٍّ يَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ . وَمُنْذُ هَذَا الْيَوْمِ ، دَارَ حَوْلَ الْأَرْضِ أَكْثَرَ مِنْ ٣٠٠٠ مَرْكَبَةِ فَضَاءٍ ، وَأَطْلَقَ عَشَرَاتٍ مِنْ مُسْتَكْشِفَاتِ الْفَضَاءِ بِدُونِ طَيَّارِينَ لِتَزُورَ الْقَمَرَ ، وَتَطِيرَ بِجِوَارِ مُذَنَّبِ هَالِى ، وَتَسْتَكْشِفُ مُعْظَمَ كَوَاكِبِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ .

وَقَدْ يَكُونُ بِنَاءُ مَحَطَّةِ فَضَاءٍ مَدَارِيَّةٍ نُقْطَةَ انْطِلَاقٍ جَيِّدَةً لِيَتَمَكَّنَ الْإِنْسَانُ مِن اقْتِفَاءِ أَثَرِ هَذِهِ الْمُسْتَكْشِفَاتِ . وَمَرْكَبَةُ الْفَضَاءِ الَّتِى تُطْلَقُ مِنْ هَذِهِ الْمَحَطَّةِ سَتَتَجَنَّبُ التَّغَلُّبَ عَلَى جَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ لِتَبْدَأَ رِحْلَتَهَا . وَيُمكِنُ حَمْلُ الْأَجْزَاءِ اللَّازِمَةِ لِبِنَاءِ الْمَحَطَّةِ بِوَاسِطَةِ مَكُّوكِ الْفَضَاءِ (ص١٣٠ ــ ١٣٣). وَقَدْ تَطَوَّعَتْ ١٥ دَوْلَةً لِلْمُسَاعَدَةِ فِى إِنْشَاءِ مَحَطَّةِ الْفَضَاءِ .

وَالْخُطْوَةُ التَّالِيَةُ ــ مُسْتَعْمَرَةُ الْفَضَاءِ ــ سَتَكُونُ أَكْثَرَ إِثَارَةً لِمِئَاتِ الْآلَافِ مِنْ سُكَّانِ الْأَرْضِ السَّابِقِ إِسْكَانُهُمْ عَلَى الْأَقْمَارِ وَالْكَوَاكِبِ الْمُنْتَشِرَةِ عَبْرَ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَلَعَلَّ الْخُطْوَةَ الْأَكْثَرَ طُمُوحًا ، هِىَ السَّفَرُ إِلَى مَاوَرَاءَ الْكَوَاكِبِ . وَقَدْ أُطْلِقَ مِن الْأَرْضِ عَامَ ١٩٧٧ ، فُويجر ٢ ، وَهُوَ مُسْتَكْشِفٌ بِلَا طَيَّارٍ . وَقَدْ مَرَّ بِجِوَارِ نِبْتُون عَامَ ١٩٨٩ وَسَيَسْتَغْرِقُ عَشْرَ سَنَوَاتٍ أُخْرَى لِيَصِلَ إِلَى حَافَةِ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَالْمُسَافِرُونَ فِى الْفَضَاءِ فِى الْمُسْتَقْبَلِ ، بِسُرْعَةِ ١/١٠ سُرْعَةِ الضَّوْءِ (١٨٦٠٠ ميل/ثانية) يَسْتَغْرِقُونَ ٤٥ سَنَةً عَلَى الْأَقَلِّ لِلْوُصُولِ إِلَى قَنْطُورس الْقَرِيبِ ، وَهُوَ أَقْرَبُ نَجْمٍ إِلَى الشَّمْسِ .

مَكُّوكُ فَضَاءٍ قَادِرٌ عَلَى نَقْلِ رُوَّادِ الْفَضَاءِ وَالْأَقْمَارِ الصِّنَاعِيَّةِ وَمُؤَنِ مَحَطَّاتِ الْفَضَاءِ إِلَى مَدَارِ الْأَرْضِ . يَظْهَرُ الْمَكُّوكُ فِى الصُّورَةِ مُسْتَعِدًّا لِدُخُولِ جَوِّ الْأَرْضِ عَائِدًا وَقَدْ أُغْلِقَ أَبْوَابُ غُرَفِ الْبَضَائِعِ الْبَارِزَةِ . وَيُعْتَبَرُ الْمَكُّوكُ خُطْوَةً هَامَّةً فِى اسْتِكْشَافِ الْفَضَاءِ .


USA

# كَيْفَ يَعْمَلُ مَكُّوكُ الْفَضَاءِ ؟

مَكُّوكُ الْفَضَاءِ لَهُ ثَلَاثُ طُرُقٍ مُمَيَّزَةٍ لِلطَّيَرَانِ . عِنْدَ إِطْلَاقِهِ — يَكُونُ وَزْنُهُ حَوَالَى ٢٢٠٠ طِنٍّ — يَنْدَفِعُ رَأْسِيًّا فِى السَّمَاءِ بِوَاسِطَةِ تَوْأَمٍ مِنْ صَوَارِيخَ مُعَزِّزَةٍ وَخَزَّانٍ خَارِجِيٍّ لِلْوَقُودِ . وَتَسْتَخْدِمُ الصَّوَارِيخُ وَقُودًا صُلْبًا ، يُغَذِّى الْمُحَرِّكَاتِ الثَّلَاثَةَ الرَّئِيسِيَّةَ لِلْمَكُّوكِ بِالْوَقُودِ السَّائِلِ . وَبَعْدَ أَنْ تَسْتَنْفِدَ الصَّوَارِيخُ الْمعَزِّزَةُ آخِرَ أُوقِيَّةٍ مِنْ وَقُودِهَا — بَعْدَ حَوَالَى دَقِيقَتَيْنِ مِن الْإِطْلَاقِ — يَتِمُّ التَّخَلُّصُ مِنْهَا وَتَسْقُطُ أَسْفَلَ إِلَى الْمُحِيطِ .

وَقَبْلَ أَنْ يَصِلَ الْمَكُّوكُ إِلَى مَدَارِهِ بِوَقْتٍ قَصِيرٍ ، يَنْفَدُ وَقُودُ الْخَزَّانِ الْخَارِجِيِّ ، وَيَنْفَصِلُ الْخَزَّانُ وَيَحْتَرِقُ أَثْنَاءَ اخْتِرَاقِهِ الْغِلَافَ الْجَوِّىَّ لِلْأَرْضِ ، فَهُوَ أَحَدُ أَجْزَاءِ الْمكُّوكِ الَّتِى لَا تُسْتَخْدَمُ مَرَّةً أُخْرَى . وَفِى الْمَدَارِ يَتَّخِذُ وَضْعًا مَقْلُوبًا وَأَبْوَابُهُ مَفْتُوحَةٌ تُجَاهَ الْأَرْضِ ، إِلَّا إِذَا كَانَ سَيُطْلِقُ قَمَرًا صِنَاعِيًّا .

وَعِنْدَمَا يَسْتَعِدُّ لِلْهُبُوطِ ، وَقَدْ أَصْبَحَ وَزْنُهُ ضَئِيلًا يُعَادِلُ ٩٤ طِنًّا تَقْرِيبًا ، فَإِنَّهُ يَسْتَدِيرُ لِتُوَاجِهَ مُحَرِّكَاتُهُ اتِّجَاهَ طَيَرَانِهِ . وَتُشْعَلُ مُحَرِّكَاتُهُ لِتُبْطِئَ الْمَكُّوكَ . وَبَعْدَ أَنْ يَعْتَدِلَ مَرَّةً أُخْرَى لِيُصْبِحَ سَطْحُهُ السُّفْلِىُّ مُوَاجِهًا لِلْأَرْضِ ، يَدْخُلُ الْغِلَافَ الْجَوِّىَّ لِلْأَرْضِ . وَيُحَلِّقُ تُجَاهَ الْأَرْضِ كَطَائِرَةٍ شِرَاعِيَّةٍ لِيُلَامِسَ الْأَرْضَ بِسُرْعَةِ حَوَالَى ٢٢٠ مِيلًا / سَاعَة .

٤ يَصِلُ الْمَكُّوكُ إِلَى مَدَارِهِ عَلَى ارْتِفَاعِ ١٧٥ مِيلًا فَوْقَ الْأَرْضِ ، وَقَدْ تَخَلَّصَ مِنْ خَزَّانِ وَقُودِهِ .

٣ وَخِلَالَ ٩ دَقَائِقَ مِنَ الطَّيَرَانِ ، يَجِفُّ خَزَّانُ الْوَقُودِ الْخَارِجِىُّ . وَيَتِمُّ إِسْقَاطُهُ .

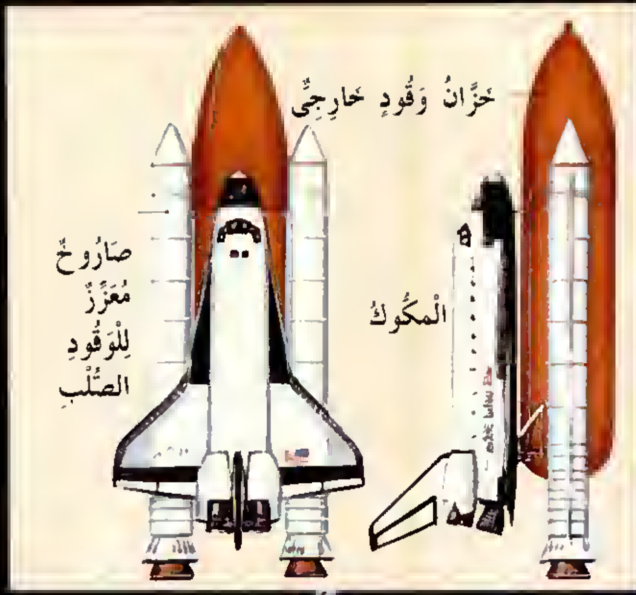
حُدُودُ الْغِلَافِ الْجَوِّىِّ

أ٣ يَحْتَرِقُ خَزَّانُ الْوَقُودِ أَثْنَاءَ اخْتِرَاقِهِ لِلْغِلَافِ الْجَوِّىِّ ، لِأَنَّهُ يُوَلِّدُ حَرَارَةَ احْتِكَاكٍ كَبِيرَةً لِكِبَرِ مَقْطَعِهِ .

٢ بَعْدَ حَوَالَى دَقِيقَتَيْنِ مِنْ إِطْلَاقِهِ ، يَسْتَهْلِكُ الْمُعَزِّزَيْنِ ، وَيُقْذَفَانِ إِلَى الْجَانِبَيْنِ .

١ يَنْدَفِعُ الْمَكُّوكُ لِأَعْلَى بَعْدَ إِشْعَالِ مُحَرِّكَاتِهِ الرَّئِيسِيَّةِ الثَّلَاثَةِ وَصَارُوخَيْهِ الْمعَزِّزَيْنِ .

أ٢ كُلُّ صَارُوخٍ مُعَزِّزٍ يُخْرِجُ ثَلَاثَ مِظَلَّاتِ هُبُوطٍ ، ثُم يَهْبِطُ فِى الْمحِيطِ لِاسْتِعَادَتِهِ




• مَنْظَرٌ جانِبِيٌّ لِأَجْهِزَةِ التَّشْغِيلِ
يُدَعِّمُ إِطْلَاقَ مَكُوكِ الْفَضَاءِ بِخَزَّانٍ خارِجِيٍّ ضَخْمٍ وَصَارُوخَيْنِ مُعَزِّزَيْنِ أُسْطُوَانِيَّيْنِ . وَهَذَانِ الصَّارُوخانِ يَتِمُّ اسْتِعَادَتُهُما . وَيَحْمِلانِ مَعًا ١٠٠٠ طنّ مِنَ الْوَقُودِ الصُّلْبِ . وَرَغْمَ احْتِرَاقِ هَذِهِ الكَمِّيَّةِ فِي دَقِيقَتَيْنِ فَقَطْ إِلَّا أَنَّهَا تُوَلِّدُ دَفْعًا ٦,٦ مِلْيُونِ باوند . وَالْمُحَرِّكاتُ الرَّئِيسِيَّةُ الثَّلَاثَةُ لِلْمَكُوكِ تَحْرِقُ مَخْلُوطًا سَائِلًا فَائِقَ التَّبْرِيدِ مِنَ الْأُكْسُجِينِ وَالهِيدْرُوجِينِ . يُحفَظَانِ مُنْفَصِلَيْنِ فِي خَزَّانِ الْوَقُودِ الْخارِجِيِّ . وَيُخْلَطَانِ تَحْتَ ضَغْطٍ عَالٍ فِي غُرْفَةِ الاِحْتِرَاقِ . وَيُوجَدُ مُحَرِّكانِ صَغِيرانِ فِي الذَّيْلِ لِتَوْجِيهِ الْمَكُوكِ .



٥ وَفِي الْمَدَارِ ، تُفْتَحُ أَبْوَابُ غُرَفِ شَحْنَتِهِ الْبَارِزَةِ اسْتِعْدَادًا لِإِطْلَاقِ قَمَرٍ صِنَاعِيٍّ . وَلِلسَّمَاحِ بِخُرُوجِ حَرَارَةِ جَنَاحِ طَاقَمِ الْقِيَادَةِ .



٦ الْخُطْوَةُ الْأُولَى فِي مَرَاحِلِ هُبُوطِهِ ، هِيَ تَعْدِيلُ وَضْعِهِ حَتَّى يُصْبِحَ مُحَرِّكا تَصْحِيحِ الْمَسَارِ مُشِيرَيْنِ لِلْأَمَامِ . ثُمَّ تُشْعَلُ الْمُحَرِّكاتُ فِي انْفِجَارَاتٍ قَصِيرَةٍ ، لِتُبْطِئَ سُرْعَةَ الْمَكُّوكِ مِنْ ١٧٠٠٠ إِلَى ٨٠٠٠ ميل / ساعة .

٧ بَيْنَما يَدْخُلُ الْمَكُوكُ الْغِلَافَ الْجَوِّيَّ ، يَسْخُنُ سَطْحُهُ السُّفْلِيُّ بِحَرَارَةِ الاِحْتِكَاكِ إلى ٢٧٠٠°ف .





٨ وَأَثْنَاءَ اقْتِرَابِهِ مِنَ الْأَرْضِ ، يَتَّخِذُ الْمَكُوكُ دَوْرَاتٍ عَدِيدَةً وَاسِعَةً عَلَى شَكْلِ S تُسَاعِدُ عَلَى إِبْطَاءِ حَرَكَتِهِ . وَيَتِمُّ التَّحَكُّمُ فِي هَذِهِ الدَّوْرَاتِ وَفِي زَاوِيَةِ الْهُبُوطِ بِوَاسِطَةِ الْحَاسِبَاتِ الْآلِيَّةِ .





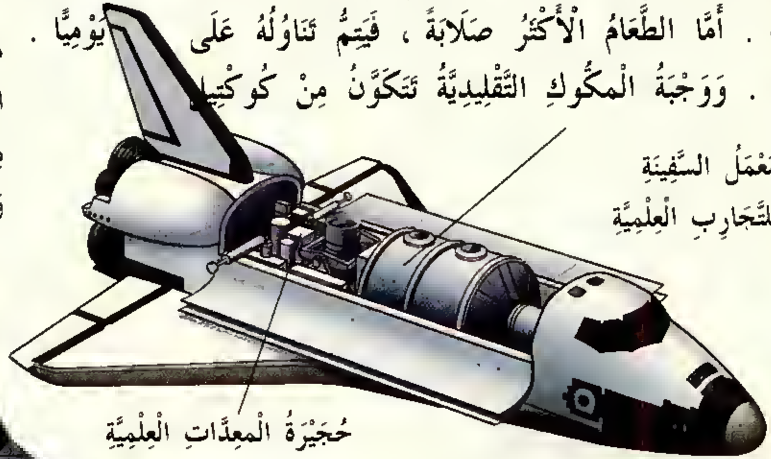
٩ تَبْرُزُ عَجَلَاتُ الْهُبُوطِ قَبْلَ مُلَامَسَةِ الْأَرْضِ بـ ٢٠ ثَانِيَةً .

# هَلْ يُمْكِنُ الْحَيَاةُ عِنْدَمَا تَنْعَدِمُ الْجَاذِبِيَّةُ ؟

يَجِبُ أَنْ تَكُونَ سَفِينَةَ الْفَضَاءِ صُورَةً مُصَغَّرَةً لِبِيئَةِ الْأَرْضِ ، وَمُنْفَصِلَةً تَمَامًا عَنِ الْفَضَاءِ الْقَارِسِ . وَدَاخِلَ هَذَا الْمَأْوَى الْمحْكَمِ ، يُحَاوِلُ رُوَّادُ الْفَضَاءِ مُمَارَسَةَ حَيَاتِهِم الْيَوْمِيَّةِ كَمَا لَوْ كَانُوا عَلَى الْأَرْضِ . وَلَكِنَّهُم يُوَاجِهُونَ بَعْضَ الْمُشْكِلَاتِ عِنْدَ الْأَكْلِ وَالنَّوْمِ وَالتَّدْرِيبَاتِ ، فَقَدْ أَصْبَحُوا بِدُونِ وَزْنٍ لِانْعِدَامِ جَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ . وَلَكِنَّ الْمُهَنْدِسِينَ وَجَدُوا حُلُولًا لِكُلِّ مُشْكِلَةٍ . فَالطَّعَامُ عَلَى طَبَقٍ فِي الْفَضَاءِ قَدْ يَتَبَعْثَرُ ، وَلِذَلِكَ فَإِنَّ هَذَا الطَّعَامَ يُطْحَنُ إِلَى مَعْجُونٍ ، وَيَتِمُّ امْتِصَاصُهُ خِلَالَ أُنْبُوبٍ . أَمَّا الطَّعَامُ الْأَكْثَرُ صَلَابَةً ، فَيَتِمُّ تَنَاوُلُهُ عَلَى أَطْبَاقٍ . وَوَجْبَةُ الْمكُوكِ التَّقْلِيدِيَّةُ تَتَكَوَّنُ مِنْ كُوكْتِيلِ الْجمْبَرِى ، شَرَائِحِ اللَّحْمِ وَالْقُنَّبِيط ، وَالْبُودِنْج وَعَصِيرِ الْعِنَبِ .

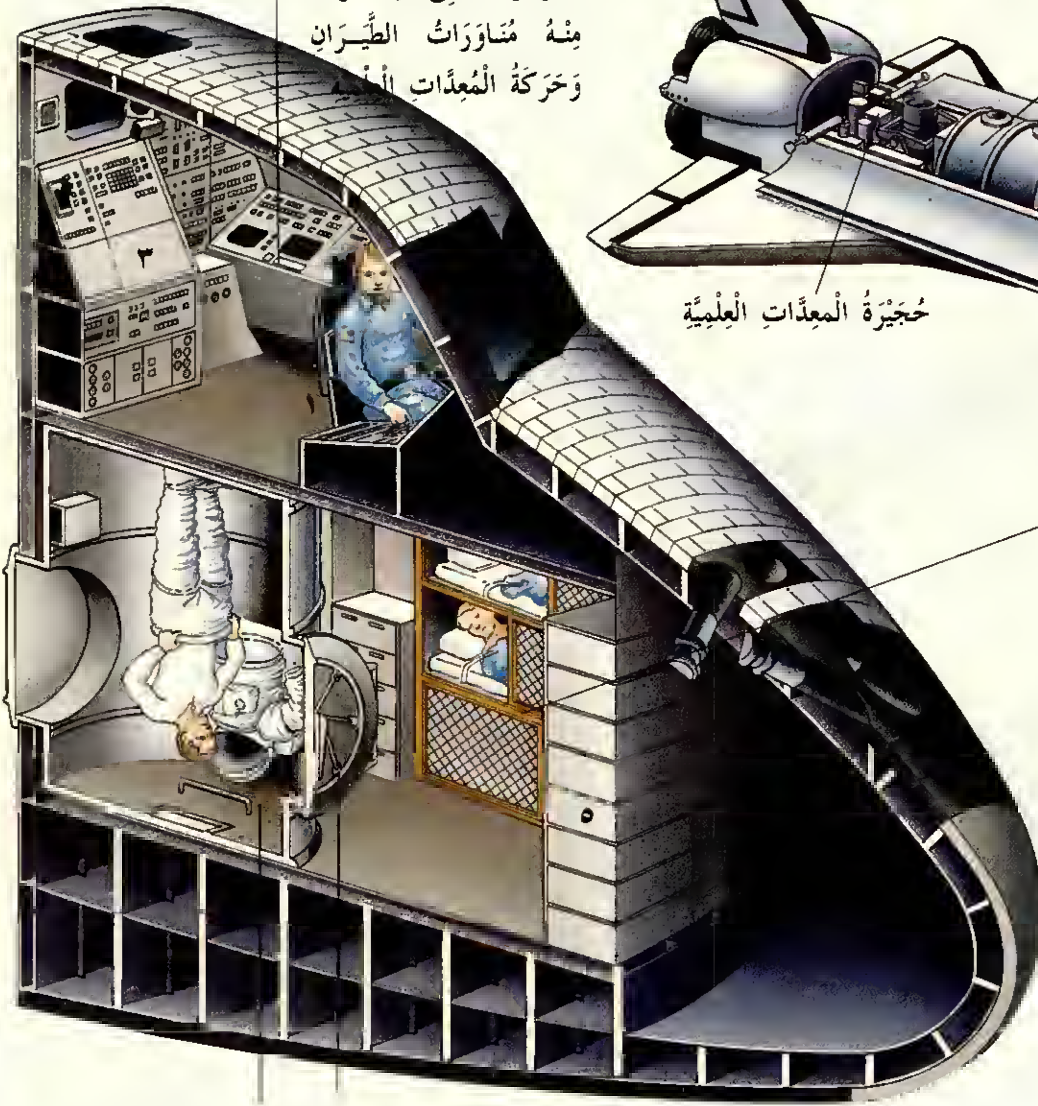
وَعِنْدَ النَّوْمِ يُثَبِّتُ الرُّوَّادُ فِي أَمَاكِنِهِمْ بِأَحْزِمَةٍ ، أَوْ يَسْتَخْدِمُونَ حَقِيبَةَ نَوْمٍ مُثَبَّتَةً فِي سَرِيرٍ مُبَيَّتٍ فِي الْجِدَارِ . وَبِدُونِ هَذِهِ الِاحْتِيَاطَاتِ ، فَإِنَّهُمْ يَطْفُونَ وَيَصْطَدِمُونَ بِجُدُرِ الْكَابِينِ .

وَالتَّدْرِيبَاتُ هَامَّةٌ جِدًّا ، لِأَنَّ الْعَضَلَاتِ الَّتِى لَا تُقَاوِمُ الْجَاذِبِيَّةَ قَدْ تَتَرَهَّلُ وَتَرْتَخِى . وَيَتَدَرَّبُ الرُّوَّادُ عَلَى دَرَّاجَاتٍ أَوْ أَجْهِزَةٍ مُشَابِهَةٍ لِمُدَّةِ نِصْفِ سَاعَةٍ تَقْرِيبًا يَوْمِيًّا .



مَعْمَلُ السَّفِينَةِ لِلتَّجَارِبِ الْعِلْمِيَّةِ

حُجَيْرَةُ الْمعِدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ




مَرْكَزُ الْمُهِمَّاتِ . هُوَ الْمَرْكَزُ الْعَصَبِىُّ الَّذِى تُوَجَّهُ مِنْهُ مُنَاوَرَاتُ الطَّيَرَانِ وَحَرَكَةُ الْمُعِدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ

أَسِرَّةُ الْجِدَارِ . يَشْمَلُ قِسْمُ النَّوْمِ سَرِيرَ جِدَارٍ رَأْسِيًّا وَثَلَاثَةَ أَسِرَّةِ جِدَارٍ أُفُقِيَّةٍ . وَكُلٌّ مِنْهَا طُولُهُ ٦ أَقْدَامٍ وَعَرْضُهُ ١/٢ ٢ قَدَمٍ وَيُغَطَّى بِمَادَّةٍ تَحْفَظُ الْكَمِّيَّةَ الْمُنَاسِبَةَ مِنْ حَرَارَةِ الْجِسْمِ .

مَعْبَرٌ هَوَائِىٌّ . هُوَ حُجْرَةٌ أُسْطُوَانِيَّةٌ تُعْزَلُ تَمَامًا عَنْ بَاقِى الْمَرْكَبَةِ ، وَتَتَّسِعُ لِرَائِدَىْ فَضَاءٍ يُمْكِنُهُمَا تَغْيِيرُ مَلَابِسِهِمَا قَبْلَ خُرُوجِهِمَا إِلَى الْفَضَاءِ وَبَعْدَ عَوْدَتِهِمَا مِنْهُ .

١. كُرْسِىُّ الطَّيَّارِ
٢. مَقْعَدُ الْقَائِدِ
٣. أَجْهِزَةُ التَّحَكُّمِ
٤. نَافِذَةُ الْمُرَاقَبَةِ
٥. قِسْمُ الْأَلِكْتْرُونِيَاتِ
٦. سُلَّمٌ
٧. مَخْرَجٌ جَانِبِىٌّ
٨. قِسْمُ الطَّيَرَانِ
٩. الْقِسْمُ الْأَوْسَطُ
١٠. الْقِسْمُ السُّفْلِىُّ

اَلنَّوْمُ . رَائِدَةُ الْفَضَاءِ سَالى رَايد وَقَدْ أَخَذَتْهَا سِنَةٌ مِن النَّوْمِ دَاخِلَ حَقِيبَةٍ مُثَبَّتَةٍ فِي سَرِيرِ الْجِدَارِ .







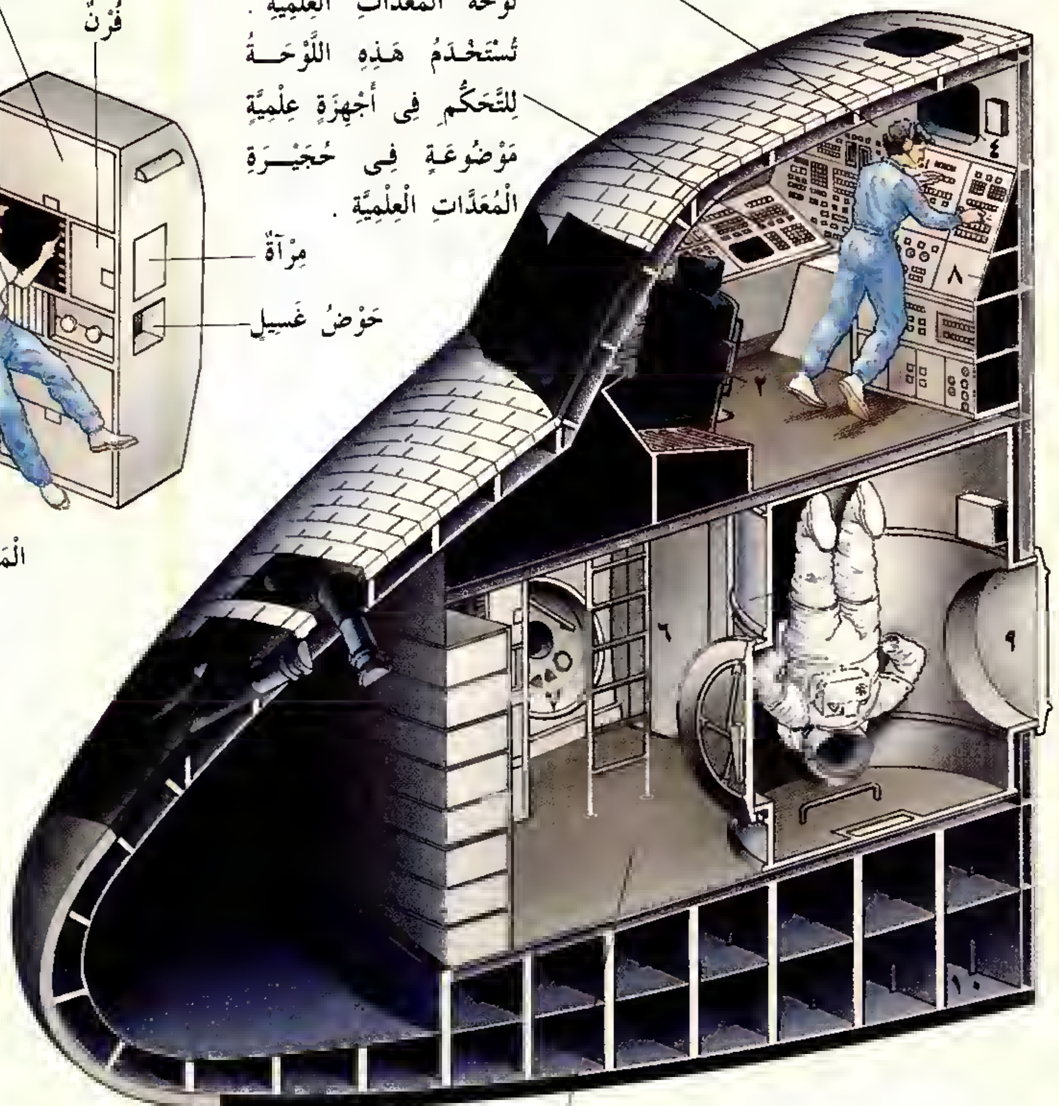
اَلْأَكْلُ . رَائِدُ الْفَضَاءِ دِيك سلايتون يَسْتَمْتِعُ بِوَجْبَةٍ مَطْحُونَةٍ يَمْتَصُّهَا بِمَاصَّةٍ . وَتُتْرَكُ اللُّحُومُ وَالْحَلْوَيَاتُ وَالْفَاكِهَةُ سَلِيمَةً .

مُتَخَصِّصُ الْمُعَدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ . هَذَا الرَّائِدُ يُشَغِّلُ الْآلَاتِ الْمَوْجُودَةَ فِي غُرْفَةِ الْبَضَائِعِ .

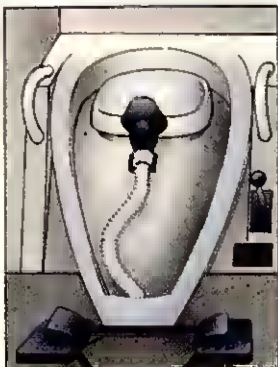
اَلتَّدْرِيبُ . رَائِدُ الْفَضَاءِ بِيتْ كُونْرَادْ يَتَدَرَّبُ وَهُوَ فِي الْمَدَارِ ، عَلَى دَرَّاجَةٍ ثَابِتَةٍ حَتَّى لَا تَضْعُفَ عَضَلَاتُ نِصْفِهِ السُّفْلِيِّ .

لَوْحَةُ الْمُعَدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ . تُسْتَخْدَمُ هَذِهِ اللَّوْحَةُ لِلتَّحَكُّمِ فِي أَجْهِزَةٍ عِلْمِيَّةٍ مَوْضُوعَةٍ فِي حُجَيْرَةِ الْمُعَدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ .




اَلطَّعَامُ . تُصْنَعُ مُعْظَمُ الْوَجَبَاتِ فِي السَّفِينَةِ مِنْ غِذَاءٍ مُجَفَّفٍ أَوْ مُعَلَّبٍ لِيَسْهُلَ تَخْزِينُهُ .



الحَمَّامُ

حُجْرَةُ الْحمَّامِ . يَتِمُّ امْتِصَاصُ فَضَلَاتِ الْجِسْمِ أَسْفَلَ بِالتَّفْرِيغِ . تُجَفَّفُ الْفَضَلَاتُ الصُّلْبَةُ وَتُعَقَّمُ لِلتَّخَلُّصِ مِنْهَا عَلَى الْأَرْضِ . السَّوَائِلُ تُجْمَعُ فِي خَزَّانِ مَاءِ الصَّرْفِ .

# مَاذَا يُشْبِهُ ارْتِدَاءُ بِزَّةِ الْفَضَاءِ؟

تَعْمَلُ بِزَّةُ الْفَضَاءِ مِثْلَ دِرْعٍ بِشَكْلِ سُتْرَةٍ هَوَائِيَّةٍ مُحْكَمَةٍ . فَيَجِبُ أَنْ تَحْمِيَ رَائِدَ الْفَضَاءِ مِنْ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ تَحْتَ الصِّفْرِ حَتَّى ٣٠٠°ف أَوْ أَعْلَى . وَيَجِبُ أَنْ تَحْجِزَهُ عَنِ التَّفْرِيغِ فِي الْفَضَاءِ حَيْثُ يُؤَدِّي الضَّغْطُ الْمُنْخَفِضُ إِلَى غَلَيَانِ الدَّمِ . وَيَجِبُ أَنْ تَسْتَطِيعَ أَنْ تُحَرِّفَ أَوْ تَصُدَّ النَّيَازِكَ الْمِجْهَرِيَّةَ الَّتِي قَدْ تَشُقُّ الْبِزَّةَ وَتُحْدِثُ أَثَرًا مُمِيتًا . كَمَا يَجِبُ أَنْ تَكُونَ نَاعِمَةً بِجَانِبِ مَتَانَتِهَا . وَيَجِبُ أَنْ تَكُونَ مَرِنَةً أَيْضًا ، لِيَسْتَطِيعَ رَائِدُ الْفَضَاءِ الْقِيَامَ بِعَمَلِيَّاتِ الْإِصْلَاحِ خَارِجَ سَفِينَةِ الْفَضَاءِ . وَيَجِبُ أَنْ تُوَفِّرَ الْهَوَاءَ الصَّالِحَ لِلتَّنَفُّسِ وَدَرَجَةَ الْحَرَارَةِ الْمُنَاسِبَةَ ، لِيَتَمَكَّنَ الرَّائِدُ مِنَ الِاسْتِمْرَارِ فِي عَمَلِهِ خَارِجَ السَّفِينَةِ مُدَدًا أَطْوَلَ . كَمَا تُوَفِّرُ لَهُ مَاءَ الشُّرْبِ الَّذِي يَحْتَاجُهُ أَثْنَاءَ عَمَلِهِ .

وَلِتَحْقِيقِ هَذِهِ الْمُتَطَلَّبَاتِ تَلْزَمُ بِزَّةُ فَضَاءٍ تَزِنُ ٢٥٠ رِطْلًا عَلَى الْأَرْضِ . أَمَّا فِي الْفَضَاءِ فَهِيَ لَاتَزِنُ شَيْئًا .

مُجَهَّزَةٌ لِلسَّيْرِ فِي الْفَضَاءِ

خُوذَةٌ . الْغِشَاءُ الذَّهَبِيُّ الشَّفَّافُ عَلَى مُقَدِّمَةِ الْخُوذَةِ يَعْكِسُ ٦٠٪ مِنْ ضَوْءِ الشَّمْسِ السَّاقِطِ عَلَيْهِ . فَيُقَلِّلُ الْوَهَجَ الشَّمْسِيَّ وَيَحْفَظُ الْخُوذَةَ بَارِدَةً .

جِهَازُ إِعَاشَةٍ مَحْمُولٌ

جِهَازُ إِعَاشَةٍ . يُثَبَّتُ عَلَى ظَهْرِ رَائِدِ الْفَضَاءِ حِمْلٌ مُعَقَّدٌ ضَخْمٌ وَلَكِنَّهُ ضَرُورِيٌّ . وَيُسَمَّى جِهَازَ الْإِعَاشَةِ . وَبِهِ دَوْرَةٌ لِلْأُكْسِجِينِ لِلتَّنَفُّسِ . وَلِلْمَاءِ لِلتَّبْرِيدِ . كَمَا يُبْعِدُ الْعَرَقَ وَثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ النَّاتِجَ .

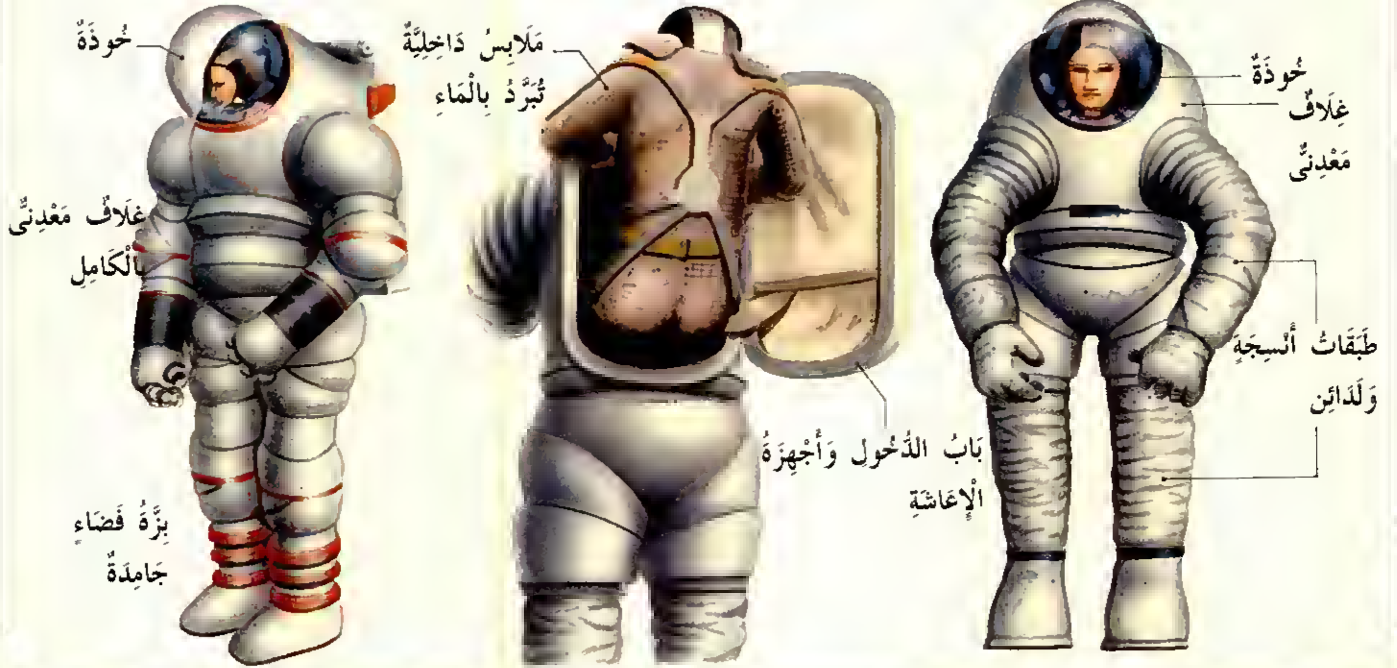
بِزَّةُ الْفَضَاءِ

يُصْنَعُ السَّطْحُ الْخَارِجِيُّ لِبِزَّةِ الْفَضَاءِ مِنْ ٧ طَبَقَاتٍ مِنْ أَلْيَافٍ بِلَاسْتِيكِيَّةٍ مَنْسُوجَةٍ مَتِينَةٍ ، لِتَحْمِيَهُ مِنَ النَّيَازِكِ الْمِجْهَرِيَّةِ . وَتَحْتَوِي الطَّبَقَاتُ الدَّاخِلِيَّةُ عَلَى أَلُومُونْيُوم وَمَطَّاطٍ لِلْعَزْلِ .

الِاتِّصَالَاتُ . عِنْدَ قِمَّةِ وِقَاءِ كُلِّ حِمْلٍ ، يُوجَدُ تُرْسٌ بِهِ رَادْيُو ذُو طَرِيقَيْنِ وَشَاشَةٌ لِمُرَاقَبَةِ الْقَلْبِ .

## بِزَّةٌ فَضَائِيَّةٌ مَتِينَةٌ ذَاتُ رَأْسٍ جَامِدٍ

رَائِدُ الْفَضَاءِ الَّذِى سَيَبْنِى مَحَطَّةَ فَضَاءٍ ، سَيَقْضِى أَوْقَاتًا طَوِيلَةً فِى الْفَضَاءِ ، لِذَا يَجِبُ أَنْ تَكُونَ بِزَّتُهُ أَمْتَنَ مَا يُمكِنُ . فَيُوفِّرُ ضَغْطًا عَالِيًا دَاخِلَهَا ، لِيُمَاثِلَ جَوَّ الْأَرْضِ . وَلِمُوَاجَهَةِ هَذَا الْإِجْهَادِ ، فَإِنَّ الْجِيلَ التَّالِى مِن الْبِزَّاتِ سَتُصْنَعُ أَغْلِفَتُهُ الْخَارِجِيَّةُ مِنْ مَعَادِنَ وَلَدَائِنَ طُوِّرَتْ حَدِيثًا . وَهَذِهِ الصُّوَرُ لِتَصْمِيمَاتٍ مُحْتَمَلَةٍ .




### التَّجَوُّلُ

يَسْتَطِيعُ رَائِدُ الْفَضَاءِ التَّجَوُّلَ بِحُرِّيَّةٍ حَوْلَ سَفِينَةِ الْفَضَاءِ ، بِاسْتِخْدَامِ وَحْدَةِ الْمُنَاوَرَةِ الْبَشَرِيَّةِ (MMU) الَّتِى تَسْتَمِدُّ قُدْرَتَهَا مِنَ ٢٤ مَنْفَثًا صَغِيرًا تَتَحَرَّكُ عَلَى غَازِ النِّتْرُوجِينِ الْمَضْغُوطِ (يمين) . وَهِىَ تُمَكِّنُهُ أَيْضًا مِنْ رِحْلَاتٍ قَصِيرَةٍ فِى الْفَضَاءِ ، [illegible]



# كَيْفَ يَتَعَلَّمُ رُوَّادُ الْفَضَاءِ مُهِمَّاتِهِمْ؟

يُؤَدِّى رُوَّادُ الفَضَاءِ مَهَامَّ مُتَعَدِّدَةً . فَفِى رِحْلَاتِ مَكُّوكِ الْفَضَاءِ — مَثَلًا — يَتَخَصَّصُونَ فِى إِحْدَى مُهِمَّاتٍ ثَلَاثٍ . اَلطَّيَّارُونَ يَقُودُونَ الْمَرْكَبَةَ . وَإِخْصَائِيُّو الْبَعْثَةِ يَعْمَلُونَ دَاخِلَ وَخَارِجَ الْمَكُّوكِ لِلتَّأَكُّدِ مِن اسْتِكْمَالِ الْأَهْدَافِ الرَّئِيسِيَّةِ لِلرِّحْلَةِ مِثْلَ إِصْلَاحِ قَمَرٍ صِنَاعِيٍّ . وَمُتَخَصِّصُو الْمُعَدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ يُشَغِّلُونَ الْأَجْهِزَةَ فِى كَبْسُولَةِ الْعَمَلِ ، وَهُوَ مَعْمَلٌ نَمُوذَجِىٌّ لِسِلْسِلَةٍ مِن التَّجَارِبِ — مِنْ تَوْلِيدِ الْهَرْمُونَاتِ إِلَى إِنْمَاءِ الْبِلُّورَاتِ فِى جَاذِبِيَّةٍ مِجْهَرِيَّةٍ —، وَقَدْ يُحْمَلُ أَحْيَانًا فِى غُرْفَةِ الْبَضَائِعِ .

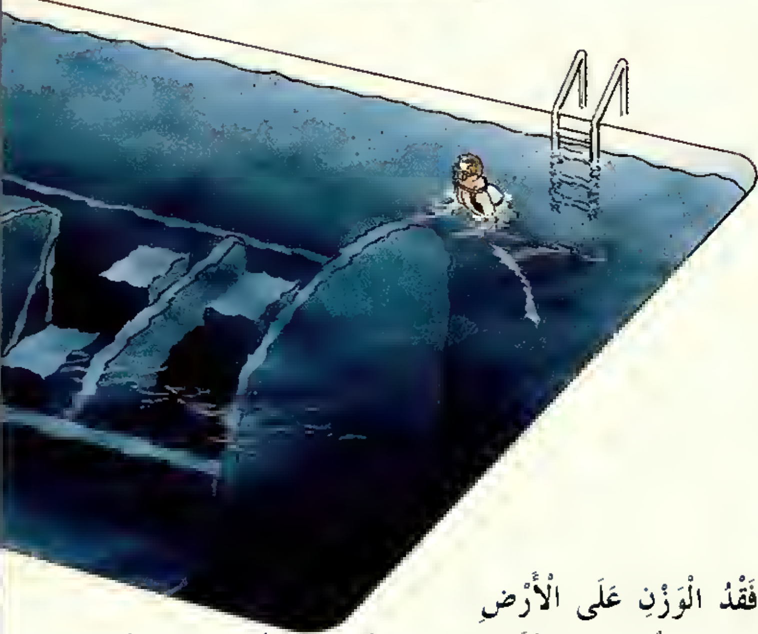
وَرَغْمَ اخْتِلَافِ مُهِمَّاتِهِمْ ، إِلَّا أَنَّهُمْ جَمِيعًا يَخْضَعُونَ لِتَدْرِيبٍ مُدَّةَ ١٨ شَهْرًا عَلَى الْأَقَلِّ ، لِيَعْتَادُوا عَلَى انْعِدَامِ الْوَزْنِ وَالتَّسَارُعِ وَالتحكُّمِ فِى مَكُّوكِ الْفَضَاءِ . وَيَتَطَلَّبُ التَّدْرِيبُ فُصُولًا دِرَاسِيَّةً وَحَالَةً بَدَنِيَّةً مُمْتَازَةً .

عَرَبَةُ إِصْلَاحٍ إِلَى النُّجُومِ . اِثْنَانِ مِنْ رُوَّادِ الْفَضَاءِ يَحْجِزَانِ بَيْنَهُمَا الْقَمَرَ الصِّنَاعِىَّ الشَّمْسِىَّ مَاكْس الْمُعَطَّلَ ، وَيُؤَدِّيَانِ فِى الْفَضَاءِ الْمُهِمَّةَ الَّتِى تَدَرَّبَا عَلَيْهَا عَلَى الْأَرْضِ لِإِصْلَاحِهِ .

### اَلتَّدْرِيبُ لِلْإِتْقَانِ



اَلطَّرِيقُ الطَّوِيلُ لِإِعْدَادِ مُتَخَصِّصِى الْمُعَدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ ، يَبْدَأُ بِاخْتِبَارَاتٍ تَحْرِيرِيَّةٍ وَفُحُوصَاتٍ طِبِّيَّةٍ (يسار) وَالْمُتَقَدِّمُونَ الَّذِين يَجْتَازُونَ هَذِهِ الْمَرْحَلَةَ ، يَبْدَأُونَ تَدْرِيبَاتِ رِيَادَةِ الْفَضَاءِ : فَيَدْرُسُونَ مَوْضُوعَاتٍ عَامَّةً — مِثْلَ تَجْهِيزَاتِ مَكُّوكِ الْفَضَاءِ وَكَيْفَ يَتَكَيَّفُونَ لِلْحَيَاةِ فِى الْفَضَاءِ — ، بِالْإِضَافَةِ لِلْأَعْمَالِ الْخَاصَّةِ بِنَوْعِيَّةِ مُهِمَّتِهِمْ — مِثْلَ كَيْفِيَّةِ إِجْرَاءِ التَّجَارِبِ أَثْنَاءَ الرِّحْلَةِ ، وَكَيْفَ يَتِمُّ إِصْلَاحُ قَمَرٍ صِنَاعِىٍّ فِى مَدَارٍ مُتَوَسِّطٍ .





جِهَازُ مُحَاكَاةِ انْعِدَامِ الْوَزْنِ

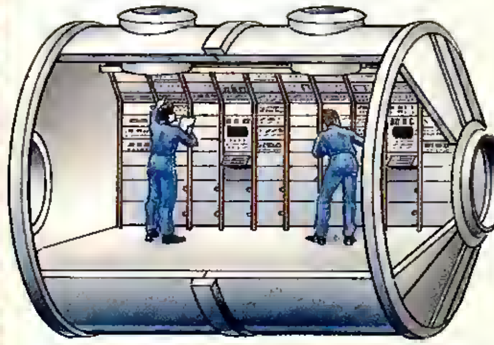
### فَقْدُ الْوَزْنِ عَلَى الْأَرْضِ

يَخْتَلِفُ الْعَمَلُ تَحْتَ تَأْثِيرِ جَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ عَنْهُ فِى الْفَضَاءِ حَيْثُ يَنْعَدِمُ الْوَزْنُ . وَلِلتَّعَوُّدِ عَلَى هَذَا الشُّعُورِ ، يُدَرَّبُ رُوَّادُ الْفَضَاءِ فِى أَجْهِزَةِ مُحَاكَاةٍ . وَإِلَى الْيَمِينِ جِهَازُ مُحَاكَاةِ انْعِدَامِ الْوَزْنِ . وَأَعْلَى وَإِلَى الْيَمِينِ تَرَى شَخْصًا غُمِرَ فِى الْمَاءِ ثُمَّ وُضِعَ فِى ظُرُوفِ انْعِدَامِ الْوَزْنِ . وَهَذِهِ الْوَحَدَاتُ تُسَاعِدُ الرُّوَّادَ عَلَى تَنْمِيَةِ الْعَضَلَاتِ وَالْمَهَارَاتِ الضَّرُورِيَّةِ .

## مُحاكِي مَعْمَلِ فَضَاءٍ

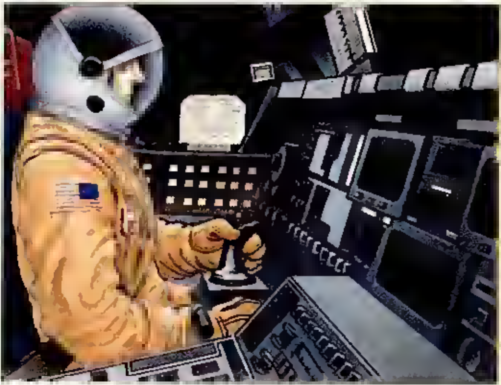
يُؤدِّي رُوَّادُ الْفَضَاءِ بُروفَاتِ تَجارِبِهِم فِي نَموذَجِ مَعْمَلِ فَضَاءٍ لَنْ يُغادِرَ الأرْضَ . وَغَالِبًا مَايَتَدَرَّبُ إخْصَائِيُّو الْبِعْثَةِ وَمُتَخَصِّصُو الْمُعَدَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ عَلَى مُهِمَّةٍ مُعَيَّنَةٍ أَوْ تَجْرِبَةٍ — مِثْلَ زِرَاعَةِ الْخَضْرَاوَاتِ فِي الْمَدَارِ — (أقصى يسار) . وَقَدْ يَسْتَمِرُّ تَدْرِيبُ الرُّوَّادِ حَتَّى عَامَيْنِ فِي هَذَا الْمَعْمَلِ ، قَبْلَ أَنْ تَبْدَأَ رِحْلَتُهُم الْحَقِيقِيَّةُ .

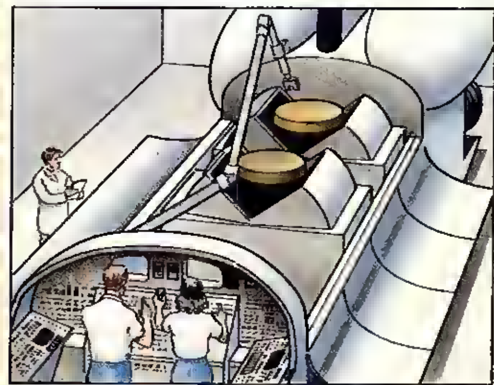


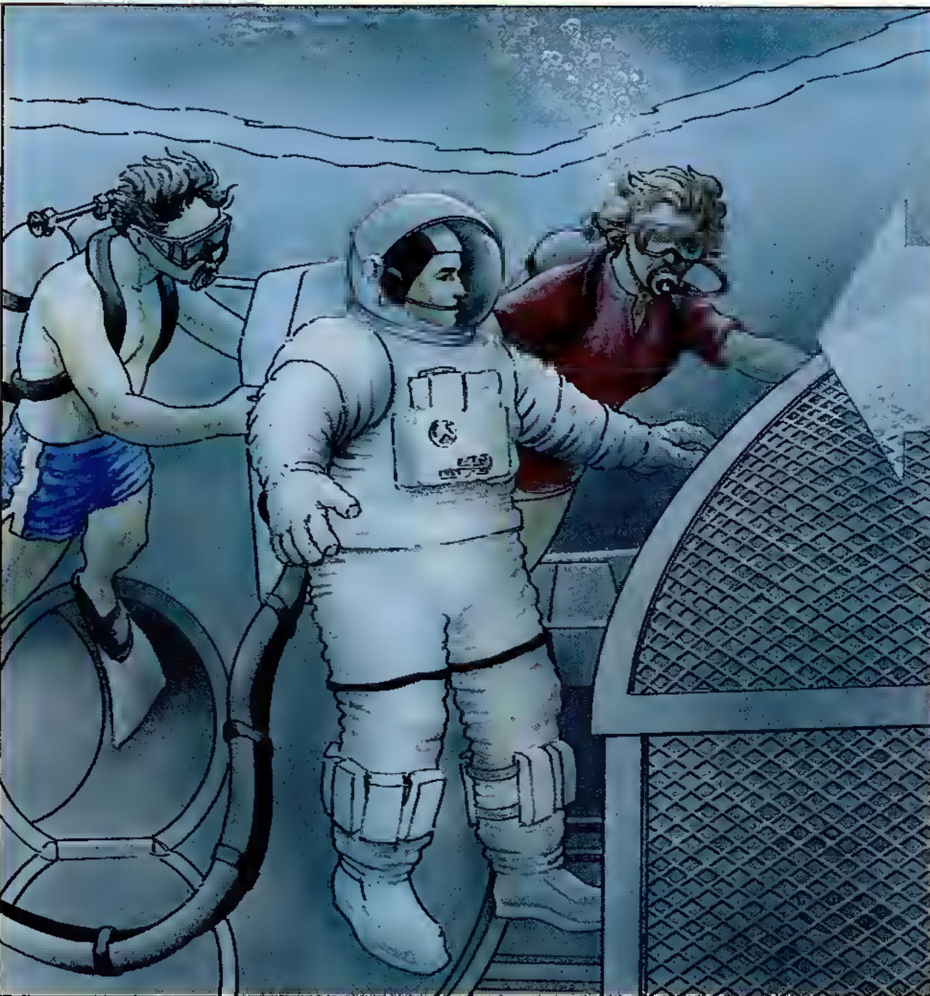


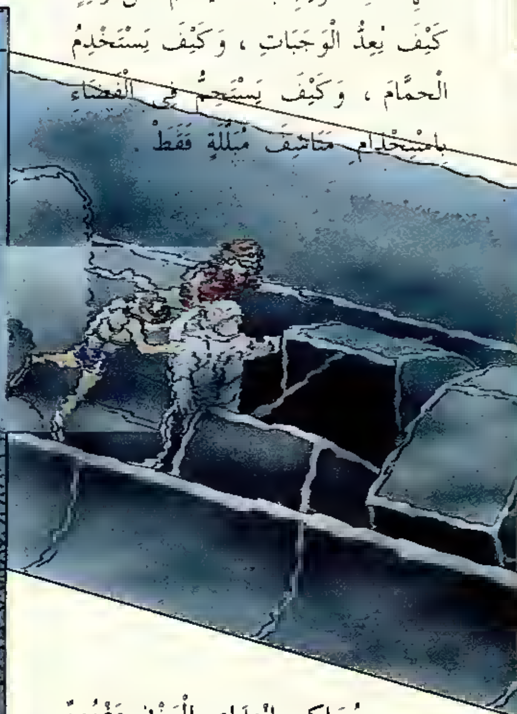
## مَكُّوكُ فَضَاءٍ مُزَيَّفٌ

شَيَّدَتْ وَكَالَةُ نَاسَا لِلأبْحَاثِ الْفَضَائِيَّةِ نَمَاذِجَ مُطَابِقَةً لأقْسَامِ مَكُّوكِ الْفَضَاءِ ، يَتَعَلَّمُ فِيهَا رُوَّادُ الْفَضَاءِ الْجُدُدِ كَيْفَ يُشَغِّلُونَ المَكُّوكَ . فَإخْصَائِيُّو الْمُعَدَّاتِ يَتَعَلَّمُونَ كَيْفَ يَتَحَكَّمُونَ عَنْ بُعْدٍ فِي الذِّرَاعِ الْيَدَوِيَّةِ الَّتِي تَمتَدُّ فِي غُرْفَةِ الْبَضَائِعِ . وَيَتَدَرَّبُ الطَّيَّارُونَ وَإخْصَائِيُّو الْمُهِمَّاتِ فِي مَحَطَّةِ (مركز) الْمُهِمَّاتِ . وَيَجِبُ أَنْ يَتَعَلَّمَ كُلُّ رَائِدٍ كَيْفَ يُعِدُّ الْوَجَبَاتِ ، وَكَيْفَ يَسْتَخْدِمُ الْحَمَّامَ ، وَكَيْفَ يَسْتَحِمُّ فِي الْفَضَاءِ بِاسْتِخْدَامِ مَنَاشِفَ مُبَلَّلَةٍ فَقَطْ .









مُحَاكِي انْعِدَامِ الْوَزْنِ مَغْمُورٌ

# إِلَى أَيْنَ تُسَافِرُ مُسْتَكْشِفَاتُ الْفَضَاءِ ؟




فُويجر ٢. أُطْلِقَ فِي ٢٠ أَغُسْطُس عَامَ ١٩٧٧ . وَقَدْ مَرَّ عَلَى الْمُشْتَرى وَزُحَل ويُورَانُوس وَنِبْتُون ثُمَّ اتَّجهَ إِلَى أَعْمَاقِ الْفَضَاءِ . (السَّهْمُ الأَزْرَقُ الْقَاتِمُ يُبَيِّن مَسَارَهُ)

فِي ١٢ نُوفمْبر ١٩٨٠ ، زَارَ مُسْتَكْشِفُ الْفَضَاءِ فويجر ١ آخِرَ كَوْكَبٍ قَبْلَ أَنْ يَتْرُكَ الْمَجْمُوعَةَ الشَّمْسِيَّةَ . وَأَثْنَاءَ طَيَرَانٍ لِمَسَافَةِ ٧٧٠٠٠ مِيلٍ فِي مِنْطَقَةِ زُحَل ، أَرْسَلَ الْمُسْتَكْشِفُ صُوَرًا إِلَى الْأَرْضِ تُبَيِّنُ أَنَّ الْحَلَقَاتِ الْمُحِيطَةَ بِزُحَل تَتَكَوَّنُ مِنْ مِئَاتٍ مِنَ الْحَلْقَاتِ الْمُفْرَدَةِ ، وَالْحَلقَاتِ الصَّغِيرَةِ ، وَالشَّرَائِطِ الْمَجْدُولَةِ ، وَبَرَامِقَ إِشْعَاعِيَّةٍ ، وَأَقْمَارِ الرَّاعِي الدَّقِيقَةِ . وَبَعْدَ أَنْ عَدَّلَ سُرْعَتَهُ لِيَهْرُبَ مِنْ جَاذِبِيَّةِ زُحَل ، دَارَ فُويجر ١ حَوْلَ زُحَل فِي مُنَاوَرَةٍ تُسَمَّى الْهُرُوبَ مِنَ الْجَاذِبِيَّةِ ، وَغَادَرَ مُسْتَوى الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . أَمَّا أَخُوهُ ــ فويجر ٢ ــ فَقَدْ صَوَّرَ نِبْتُونَ فِي ٢٤ أَغُسْطُس ١٩٨٩ وَأَرْسَلَ صُوَرًا مُذْهِلَةً لِلْكَوْكَبِ وَأَقْمَارِهِ . ثُمَّ بَعْدَ رِحْلَةٍ بِسُرْعَةِ ٦٠٠٠٠ مِيلٍ / سَاعة غَطَسَ تَحْتَ مُسْتَوى الْمَدَارِ ، وَبَدَأَ هُوَ أَيْضًا فِي الرَّحِيلِ عَنِ الْمَجْموعَةِ الشَّمْسِيَّةِ . وَأَثْنَاءَ رَحِيلِهِ ، عَمِلَ صُوَرًا فُسَيْفِسَائِيَّةً لِلنِّظَامِ بِأَكْمَلِهِ .

وَيَأْمَلُ الْفَلَكِيُّونَ أَنْ تَسْتَمِرَّ الْبَطَارِيَّاتُ النَّوَوِيَّةُ وَالصَّوَارِيخُ الْمُوَجِّهَةُ لِكُلٍّ مِنَ الْمُسْتَكْشِفَيْنِ فِي الْعَمَلِ لِمُدَّةِ ١٠ سَنَوَاتٍ أُخْرَى ، حَتَّى يَخْتَرِقَ الْمُسْتَكْشِفَانِ حَافَةَ الْغِلَافِ الشَّمْسِيِّ ، وَهُوَ الْحَدُّ غَيْرُ الْمَرْئِيِّ الَّذِي تَنْتَهِي عِنْدَهُ حُدُودُ الْمَجْمُوعَةِ الشَّمْسِيَّةِ ، وَيَبْدَأُ الْفَضَاءُ بَيْنَ النَّجْمِي . وَإِذَا اسْتَمَرَّ انْدِفَاعُ التَّوْأَمَيْنِ فِي الْفَضَاءِ ، فَإِنَّهُمَا يَصِلَانِ إِلَى أَقْرَبِ النُّجُومِ لِلشَّمْسِ ــ وَهُوَ نِظَامُ قَنْطُورس أَلْفَا ــ بَعْدَ أَكْثَرَ مِنْ ٢٠٠٠٠ سَنَةٍ .




مُتَحَسِّسُ تَنْظِيمِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ
مُتَحَسِّسُ الشَّمْسِ

مَغْنَاطُومِتْر
مُوَلِّدٌ نَوَوِيٌّ

هَوَائِيٌّ رَادْيُوِيٌّ

هَوَائِيٌّ قَوِيُّ الاِسْتِقْبَالِ

كَاشِفُ الْأَشِعَّةِ الْكَوْنِيَّةِ

كَاشِفُ الْبِلَازْمَا

آلَةُ تَصْوِيرٍ

مِقْيَاسُ طَيْفٍ فَوْقَ الْبَنَفْسَجِيَّةِ

مَغْنَاطُومِتْر الْمَجَالِ الْقَوِيِّ

خَزَّانُ وَقُودٍ

حَارِفُ النَّيَازِكِ

كَاشِفُ الْجُسَيْمَاتِ
الْمَشْحُونَةِ مُنْخَفِضَةِ الطَّاقَةِ

بلوتو

مِقْيَاسُ اسْتِقْطَابِ الضَّوْءِ

مِقْيَاسُ الْإِشْعَاعِ وَطَيْفٍ تَحْتَ الْحَمْرَاءِ

زحل
٢٥ أغسطس ١٩٨١

١٢ نوفمبر ١٩٨٠

المشترى ٩ يوليو ١٩٧٩

٥ مارس ١٩٧٩

فُويجر ١ أُطْلِقَ مِنَ الْأَرْضِ فِي ٥ سِبْتَمْبِرَ عَامَ ١٩٧٧ ، وَأَرْسَلَ صُوَرًا لِلْمُشْتَرِي وَخَمْسَةٍ مِنْ أَقْمَارِهِ ، وَصُوَرًا لِزُحَلَ وَأَرْبَعَةٍ مِنْ أَقْمَارِهِ . وَبَعْدَ انْتِهَاءِ دَوْرَتِهِ بَيْنَ الْكَوَاكِبِ ، غَادَرَ الْمَجْمُوعَةَ الشَّمْسِيَّةَ . (السَّهْمُ الْأَزْرَقُ الْفَاتِحُ يُبَيِّنُ مَسَارَهُ)

# ماذا سيكون شكلُ مستعمرةِ الفضاءِ؟

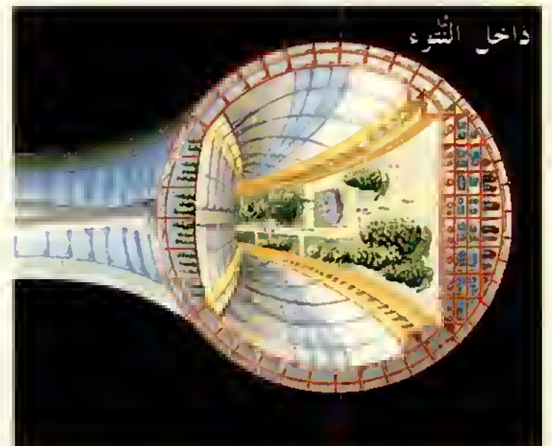
ظَلَّتْ مُسْتَعْمَرَاتُ الْفَضَاءِ لِعَشَرَاتِ السِّنِينَ الدَّعَامَةَ الْأَسَاسِيَّةَ لِلْخَيَالِ الْعِلْمِيِّ . وَلَكِنْ مَعَ النُّمُوِّ الْمتَسَارِعِ لِتَعْدَادِ سُكَّانِ الْعَالَمِ ، فَإِنَّ فِكْرَةَ السَّكَنِ فِي الْفَضَاءِ قَدْ تَتَحَوَّلُ قَرِيبًا مِنْ تَرَفٍ مُسْتَقْبَلِيٍّ إِلَى ضَرُورَةٍ عَاجِلَةٍ .

وَقَدْ خطَّطَ عَدَدٌ مِن الْعُلَمَاءِ ذَوِي النَّظْرَةِ الْمُسْتَقْبَلِيَّةِ لِلْإِسْكَانِ خارِجَ الْأَرْضِ . وَعَلَى هَذِهِ الصَّفَحَاتِ إِثْنَانِ مِنْ أَكْثَرِ هَذِهِ التَّصْمِيمَاتِ مُلَاءَمَةً .

وَلِيَحْدُثَ الْإِحْسَاسُ بِجَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ ، فَإِنَّ كِلَا هَاتَيْنِ الْمُسْتَعْمَرَتَيْنِ سَتَدُورُ حَوْلَ مِحْوَرٍ مَرْكَزِيٍّ ، وَسَتَضْغَطُ الْقُوَّةُ الطَّارِدَةُ المركَزِيَّةُ النَّاتِجَةُ عَلَى السُّكَّانِ بِرِفْقٍ ضِدَّ الْحَوَائِطِ الْخارِجِيَّةِ . وَالْمُسْتَعْمَرَةُ الشَّبِيهَةُ بِالْكَعْكَةِ وَالْمُسَمَّاةُ النُّتُوءَ ، تَسْتَوْعِبُ حتى ١٠٠٠٠ نَسَمَةٍ . وَهِيَ تُشْبِهُ عَجَلَةَ دَرَّاجَةٍ قُطْرُهَا مِيلٌ تَطْفُو فِي الْفَضَاءِ . أَمَّا الْمُسْتَعْمَرَةُ الْأُسْطُوَانِيَّةُ الضَّخْمَةُ (يسار) فَتَسْتَوعِبُ مِثْلَ هَذَا الْعَدَدِ ٢٠٠ أو ٣٠٠ مَرَّةٍ .



مُسْتَعْمَرَةُ فَضَاءٍ



داخِلَ النُّتُوءِ

■ أُسْطُوَانَةٌ فِي الْفَضَاءِ

مَزَارِعُ الْفَضَاءِ

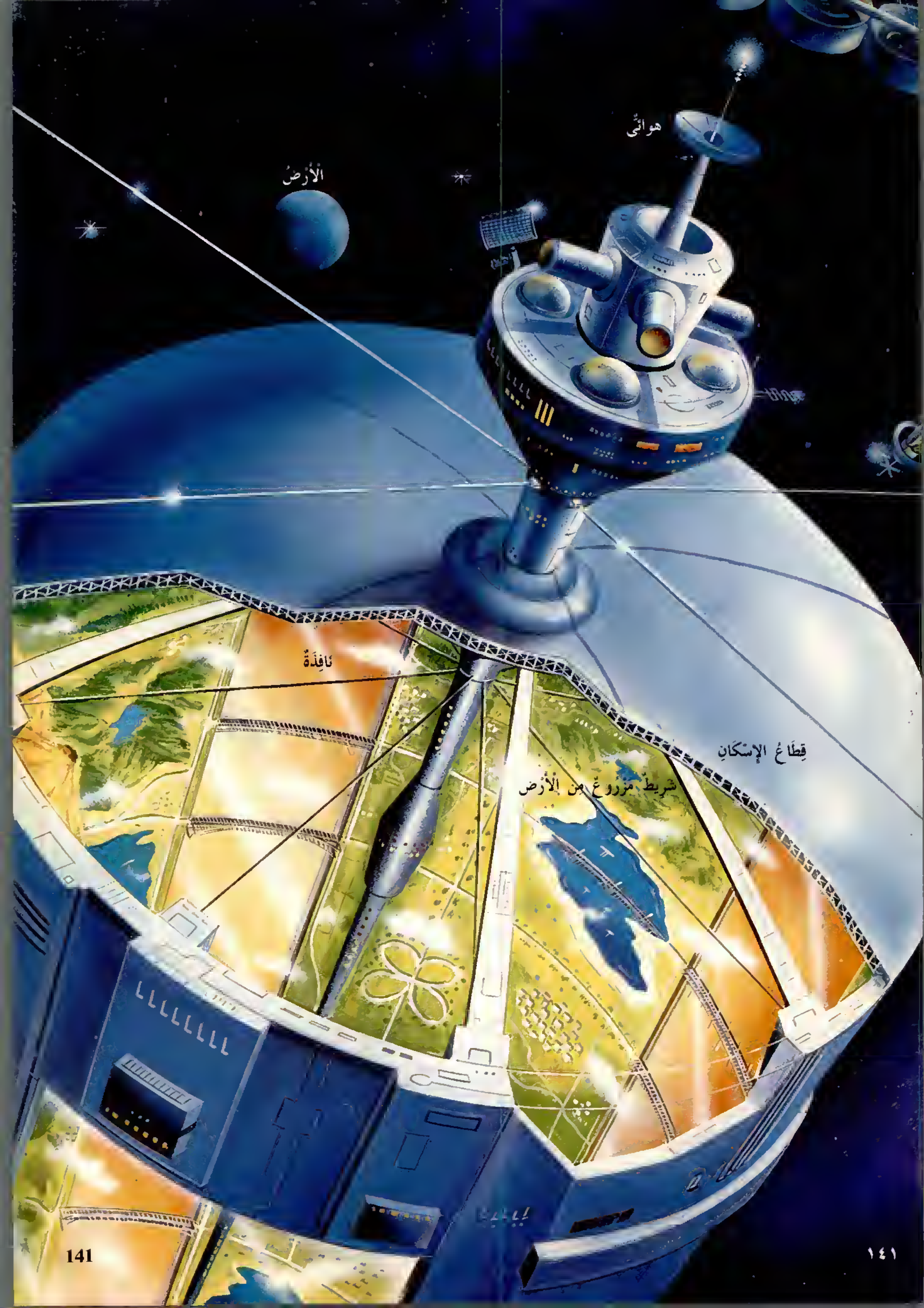
مَكُوكُ فَضَاءٍ يَحْمِلُ الْمعَدَّاتِ وَالْمُسْتَعمِرِين

**فَطِيرَةٌ فِي السَّمَاءِ**

تَصْمِيمُ النُّتُوءِ (أسفل) يُمَثِّلُ إِطَارًا خَلْفِيًا يَتَّصِلُ بِمِحْوَرٍ بِوَاسِطَةِ بَرَامِقَ بِدَاخِلِهَا مَصَاعِدُ . وَيَتَوافَرُ الضَّوْءُ وَالْحَرَارَةُ بِوَاسِطَةِ لَوْحَاتٍ عَاكِسَةٍ وَمِرْآةٍ مَائِلَةٍ .

هَذِهِ الْمُسْتَعْمَرَةُ الْفَضَائِيَّةُ الْأُسْطُوَانِيَّةُ ذَاتُ طُولِ ٢٠ مِيلًا ، حَلُمَ بِهَا الْفِيزْيَائِيُّ جِيرَارْد أُونِيل . وَقَدْ يُوَفِّرُ مِسَاحَةً سَكَنِيَّةً لِحَوالِي ٢ إلى ٣ مَلَايِينَ نَسَمَةٍ . وَسَتَشْغَلُ الْبُحَيْرَاتُ وَالْمَزَارِعُ وَالْمُدُن ثَلَاثَةَ شَرَائِطَ بِطُولِ الْأُسْطُوَانَةِ . وَأَثْنَاءَ النَّهَارِ ، سَتَعْكِسُ الْمرَايَا ضَوْءَ الشَّمْسِ إِلَى الْمُسْتَعْمَرَةِ خِلَالَ النَّوَافِذِ الْمَوْزُوعَةِ بَيْنَ الشَّرَائِطِ . وَفِي اللَّيْلِ ، سَتَقْفِلُ المرَايَا النَّوَافِذَ وَتَحْجُبُ ضَوْءَ الشَّمْس .

وَحَيْثُ إِنَّ هَذَا التَّصْمِيمَ يَدُورُ حَوْلَ مِحْوَرِهِ ، فَإِنَّ الْإِطَارَ الْخَارِجِيَّ سَيَكُونُ هُوَ الْأَرْضَ . والسُّكَّانُ الَّذِينَ يَنْظُرُونَ إِلَى أَعْلَى ــ جِهَةَ الْمِحْوَرِ ــ إِنَّ الْمبَانِيَ وَالْأَنْهَارَ وَالْجِبَالَ عَلَى الْحَائِطِ الْمُقَابِلِ تَظْهَرُ كَأَنَّهَا مُعَلَّقَةٌ فِي السَّمَاءِ .


هوائيٌّ
الأرْضُ
نافِذَةٌ
قِطَاعُ الإسْكَانِ
شرِيطٌ مزروعٌ من الأرْض

# هَلْ يَسْتَطِيعُ الإِنْسَانُ الْوُصُولَ إِلَى الْكَوَاكِبِ الأُخْرَى ؟

تَسْتَنْفِدُ الصَّوَارِيخُ الَّتِى تُطْلَقُ مِن الْأَرْضِ مُعْظَمَ وَقُودِهَا فِى الْهُرُوبِ مِنْ جَاذِبِيَّةِ الْأَرْضِ ، وَلِذَلِكَ فَهِىَ مَرْكَبَاتٌ غَيْرُ فَعَّالَةٍ لِرِحْلَةٍ إِلَى الْكَوَاكِبِ الْأُخْرَى . أَمَّا سَفِينَةُ الْفَضَاءِ الَّتِى تُطْلَقُ مِنْ مِنَصَّةٍ فِى مَدَارٍ حَوْلَ الْأَرْضِ فَلَا تَحْتَاجُ إِلَّا دَفْعَةً يَسِيرَةً جِدًّا لِتَكْتَسِبَ سُرْعَةَ الْهُرُوبِ .

وَيَبْحَثُ الْعُلَمَاءُ عَنْ طُرُق تَوْفِيرِ هَذِهِ الدَّفْعَةِ . وَأَحَدُهَا هُوَ مُحَرِّكٌ وَقُودُهُ الْأَيُونَاتُ ، أَىْ بِذَرَّاتٍ فَقَدَتْ أَو اكْتَسَبَتْ إِلِكْتُرُونًا أَوْ أَكْثَر . وَالْمُحَرِّكُ الْأَيُونِىُّ لَا يُمْكِنُهُ إِعْطَاءُ قُوَّةِ الانْطِلَاقِ وَلَكِنَّهُ يُمْكِنُهُ دَفْعُ أَحْمَالٍ ثَقِيلَةٍ خِلَالَ الْجَاذِبِيَّةِ الضَّعِيفَةِ لِلْفَضَاءِ بِاسْتِخْدَامِ قَدْرٍ صَغِيرٍ جِدًّا مِن الْوَقُودِ ، مِثْلَ مُحَرِّكِ الدَّرَّاجَةِ الْبُخَارِيَّةِ الْمُنْخَفِضَةِ الَّذِى لَا يُمْكِنُهُ تَسَلُّقُ التِّلَالِ ، ولَكِنْ يَقْطَعُ مَسَافَاتٍ كَبِيرَةً عَلَى الطُّرُقِ الْمُنْبَسِطَة . فَمَثَلًا ، فَإِنَّ حَوَالَى ٥٠٠ رَطْلٍ مِنْ فِلِزِّ السِّيزْيُوم يُمْكِنُهَا دَفْعُ سَفِينَةِ فَضَاءٍ تَزِنُ ١٥٠٠ طِنٍّ فِى الْفَضَاءِ بَيْنَ النُّجُومِىّ لِمُدَّةِ سَنَتَيْنِ .

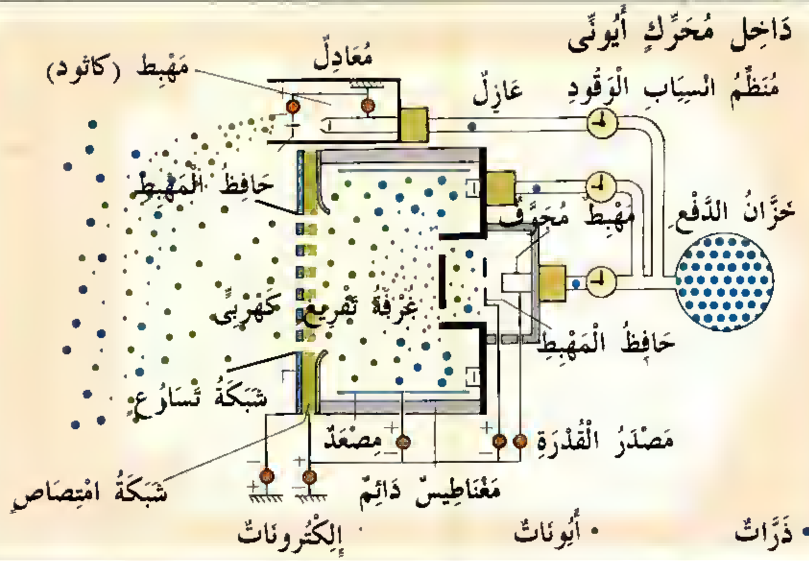
مُعَدَّاتٌ عِلْمِيَّةٌ

مَحَطَّةٌ فَضَائِيَّةٌ فِى مَدَارٍ أَرْضِىٍّ قَرِيبٍ

جِسْمُ سَفِينَةِ فَضَاءٍ ذَاتِ قُدْرَةٍ نَوَوِيَّةٍ

مُشِعُّ حَرَارَةٍ

لَوْحَاتٌ شَمْسِيَّةٌ




يَسْتَخْدِمُ الْمحَرِّكُ الْأَيُونِىُّ الْكَهْرَبَاءَ لِتَوْلِيدِ الدَّفْعِ . فَفِى الْخُطْوَةِ الْأُولَى يُمَرِّرُ الْوَقُودُ إِلَى مُؤَيِّنٍ حَيْثُ تَسْتَخْلِصُ شِحْنَةٌ كَهْرَبِيَّةٌ الْإِلكْتِرونَاتِ مِنْ ذَرَّاتِ الْوَقُودِ . فَتَتَوَلَّدُ أَيُونَاتٌ مُوجَبَةُ الشِّحْنَةِ ، وَإِلِكْتْرُونَاتٌ حُرَّةٌ سَالِبَةٌ . وَفِى الْخُطْوَةِ الثَّانِيَةِ ، تَجْذِبُ شَاشَةٌ مُزْدَوَجَةٌ مُكَهْرَبَةٌ الْأَيُونَاتِ ثُمَّ تَطْرُدُهَا بِعُنْفٍ ، فَتَنْدَفِعُ خَارِجَ الْمُحَرِّكِ ، وَتَدْفَعُ الْمَرْكَبَةَ إِلَى الْأَمَامِ . وَفِى الْخُطْوَةِ الثَّالِثَةِ ، يَقُومُ مُعَادِلٌ بِوَضْعِ إِلِكْتْرُونَاتٍ فِى طَرِيقِ الْأَيُونَاتِ ، فَيَتَّحِدَانِ مَرَّةً أُخْرَى فِى الْفَضَاءِ ، وَيَمْنَعَانِ تَكَهْرُبَ سَفِينَةِ الْفَضَاءِ نَفْسِهَا .

نَقْلٌ تُحْدِثُهُ الْأَيُونَاتُ

مُسْتَعْمَرَةٌ فَضَائِيَّةٌ فِى مَدَارٍ مُرْتَفِعٍ

مُحَرِّكَاتٌ أَيُونِيَّةٌ

مُسْتَكْشِفٌ بِدُونِ طَيَّارٍ مَدْفُوعٌ بِمُحَرِّكَيْنِ أَيُونِيَّيْنِ يَتَوَجَّهُ إِلَى كَوَاكِبَ أُخرَى . رَغْمَ أَنَّ الْمُحَرِّكَاتِ سَتَزِيدُ السُّرْعَةَ فِى الْيَوْمِ الْأَوَّلِ إِلَى ٢٠ مِيل/ساعة فَقَطْ ، إِلَّا أَنَّ الْمُسْتَكْشِفَ سَيَنْدَفِعُ فِى النِّهَايَةِ بِسُرْعَةِ ١٠٠٠٠ مِيل/ساعة .

مَنْظَر [illegible] فَضَاءٍ [illegible] أَيُونِيًّا (أعلى) وَ[illegible] محطَةٍ فَضَائِيَّةٍ (يمين) فِى مَدَارٍ أَرْضِىٍّ مُنْخَفِضٍ وَمُسْتَعْمَرَةٍ فَضَائِيَّةٍ (يسار) تُبْنَى عَلَى بُعْدٍ كَبِيرٍ فَوْقَهَا . وَأَجْنِحَةُ السَّفِينَةِ هِىَ لَوْحَاتٌ شَمْسِيَّةٌ تَجْمَعُ الْإِشْعَاعَ الشَّمْسِىَّ الَّذِى يَتَحَوَّلُ إِلَى كَهْرَبَاءَ لِلْمُحَرِّكَاتِ .

# إلَى أيْنَ بعدَ ذلِكَ ؟

وَفِى عَامِ ١٩٨٦ ، وَبَعْدَ أَقَلَّ مِنْ ثَلاثَةِ عُقُودٍ مِنْ دَوَرانِ أَوَّلِ قَمَرٍ صِناعِيٍّ حَوْلَ الْأَرْضِ ، بَدَأَ فَجْرُ عَصْرٍ جَدِيدٍ بِإِطْلَاقِ مَحَطَّةِ الْفَضَاءِ السُّوفِيِّيتِيَّةِ مِيرْ (وَمَعْنَاهَا السَّلَامُ فِى الرُّوسِيَّةِ) . وبِحُلُولِ عامِ ١٩٨٨ ، تَأَكَّدتْ مَقْدِرَةُ الْإِنْسانِ عَلَى الْحَيَاةِ فِى الْفَضَاءِ لِرِحْلَةٍ بَيْنَ الْكَوَاكِبِ ، وَذَلِكَ عِنْدَمَا عَادَ طَاقَمُ مِيرْ الْمُكَوَّنُ مِنْ فَرْدَيْنِ بَعْدَ الْبَقَاءِ مُدَّةَ ٣٦٦ يَوْمًا فِى الْفَضَاءِ . فَرِحْلَةٌ حَوْلَ الْمِرِّيخِ ــ مَثَلًا ــ سَتَحْتَاجُ عَلَى الْأَقَلِّ إِلَى طَيَرانٍ لِمُدَّةِ ١٤ شَهْرًا . وَمِثْلُ هَذِهِ الرِّحْلَةِ تُشَكِّلُ تَحَدِّيًا مَنْطِقِيًا كَبِيرًا . فَالْمُسَافِرُ فِى الْفَضَاءِ يَسْتَهْلِكُ ٢,٢ رِطْلٍ مِنَ الْأُكْسُجِينِ ، ١,٣ رِطْلٍ مِنَ الْغِذَاءِ ، سِتَّةَ أَرْطَالٍ مِنَ الْماءِ يَوْمِيًا . ولِذلكَ فَإِنَّ طَاقَمًا مِنْ خَمْسَةِ أَفْرَادٍ يَتَّجِهُ إِلَى الْمِرِّيخِ يَحْتاجُ حَوَالَىْ ٩ أَطْنَانٍ مِنَ الْمُؤَنِ لِلْحَيَاةِ فَقَطْ .

وَلِذَلِكَ فَكَّرَ الْعُلَمَاءُ فِى تَجْزِئَةِ هَذِه الْمُهِمَّةِ إِلَى قِسْمَيْنِ : سَفِينةِ شَحْنٍ تَنْقُلُ الْغِذاءَ وَالْوَقُودَ ، وَتَتَوَجَّهُ لِلاسْتِكْشَافِ إِلَى الْمِرِّيخِ حَيْثُ تَنْتَظِرُ فِى مَدارٍ لِتُقابِلَ مَرْكَبَةً أُخْرى تَحْمِلُ الطَّاقَمَ الْبَشَرِىَّ . وَمِنْ هذِهِ الْقَاعِدَةِ ، الَّتِى قَدْ يَصِلُ حَجْمُهَا إِلَى مَحَطَّةٍ فَضائِيَّةٍ (أسفل)، يَسْتَطِيعُ رُوَّادُ الْفَضَاءِ اسْتِكْشَافَ الْمِرِّيخِ ، وَرُبَّمَا يتمكَّنون يَوْمًا مَا مِن اسْتِكْشَافِ الْكَوَاكِبِ الْمُجَاوِرَةِ .




لِقَاءٌ بَيْنَ الْآلاتِ

مَرْكَبَةٌ اسْتِكْشَافِيَّةٌ بَيْن نَجْمِيَّة (أعلى) انْتَهَتْ مِنْ رِحْلَةٍ طُولُهَا ٥٠ مِلْيُون ميل مِنَ الْأَرْضِ ، تَسْتَعِدُّ لِلالْتِحَامِ بِمَحَطَّةٍ فَضَائِيَّةٍ (يسار) تَدُورُ فِى مَدارٍ فَوْقَ الْمِرِّيخِ (أسفل) بـ ٢٥٠ ميلا . وسيجدُ رُوَّادُ الْفَضَاءِ فِى الْمَحَطَّةِ الْفَضائِيَّةِ عَرَبَةً صَغِيرَةً مُتَخَصِّصَةً يُمْكِنُهُم الْهُبُوطُ بِوَاسِطَتِهَا عَلَى سَطْحِ الْكَوْكَبِ الْأَحْمَرِ . وبَعْدَ قَضَاءِ أَسَابِيعَ قَلِيلَةٍ فِى الِاسْتِكْشَافِ ، يَعُودُونَ إِلَى الْمَرْكَبَةِ لِتَبْدَأَ رِحْلَةُ الْعَوْدَةِ إِلَى الْأَرْضِ لِمُدَّةِ سِتَّةِ شُهُورٍ.

مَحَطَّةٌ فَضَائِيَّةٌ

هَذِهِ الْقَوَاعِدُ فِى الْفَضَاءِ سَتُسْتَخْدَمُ كَمَهَابِطَ لِلْمُسْتَكْشِفَاتِ فِى الْمُسْتَقْبَلِ

# معانى المصطلحات

**خطوط الامتصاص** : خطوط سوداء تظهر فى طيف مصدر ضوئى مثل النجم عندما يحدث امتصاص لطول موجى معين نتيجة وجود عناصر بين المصدر والراصد . : **Absorption lines**

**تراكم** : عملية تجميع واتحاد للمادة بالتصادم والجاذبية لبناء جرم أكبر ، ويعتقد أن الكواكب تكونت بتراكم المادة فى السديم الشمسى بهذه الطريقة : : **Accretion**

**قرص تراكمى** : قرص من الغاز الساخن والغبار ( الدخانى ) يدور مغزليا بسرعة عالية تكفى للانزلاق فى باطن نجم أو ثقب أسود أو نجم نيوترونى . : **Accretion disk**

**أوج** : النقطة التى عندها يكون الجسم فى مداره حول الشمس أبعد ما يمكن عنها . : **Aphelion**

**أوج** : النقطة التى عندها يكون الجسم فى مداره حول الأرض أبعد ما يمكن عنها . : **Apogee**

**كويكبات** : أجرام صخرية صغيرة تدور حول الشمس فى حزام عريض بين كوكبى المريخ والمشترى . : **Asteroids**

**الوهج القطبى** : الضوء الصادر من ذرات الغلاف الجوى عند اصطدامها بالجسيمات عالية الطاقة القادمة فى الرياح الشمسية والتى يتم اصطيادها قرب قطبى المجال المغناطيسى للأرض . : **Aurora**

**محور** : خط تخيلى يمر بين قطبى جرم سماوى يدور مغزليا حول هذا الخط . : **Axis**

**بازلت** : صخر يتكون فى مقذوفات البراكين وحممها المنصهرة وينتشر على سطح الأرض والقمر ، وربما سطح المريخ أيضا . : **Basalt**

**فرقعة كبرى أو الانفجار العظيم** : حدث هام لحظة نشأة الكون منذ ١٥ مليار سنة تقريبا بانفجار عظيم أدى إلى تمدد الكون . : **Big bang**

**انسحاق عظيم** : وهو المصير المتوقع للكون عند نهاية عمره حيث تتغلب الجاذبية ( لو كان الكون كثيفا ) على التمدد الحالى فينكمش الكون على نفسه فى انسحاق عظيم يجمع كل أجرامه فى كرة نارية عملاقة تدعى البيضة الكونية . : **Big Crunch**

**قوة مركزية طاردة** : وهى قوة تبدو طاردة لكل جسم يدور فى مسار دائرى ويكون اتجاهها خارج مركز الدوران . : **Centrifugal force**

**جسيمات ذرية مشحونة** : وهى اللبنات الأساسية فى تركيب الذرة مثل الإلكترون والبروتون المشحونان بشحن كهربية سالبة وموجبة على الترتيب ، علما بأن الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب . : **Charged particles**

**غلاف غازى** : تمثل الغلاف الغازى والترابى ( الدخانى ) المحيط بنواه المذنب والمكون لرأسه المرئى : **Coma**

**مذنب** : جسم صغير من الثلج والغبار ، يدور حول الشمس فى مدار بيضوى طويل ــ تقع الشمس فى إحدى بؤرتيه ــ بحيث يتبخر الثلج مكونا رأس وذنب عند اقترابه من الشمس أثناء دورانه حولها . **Comet**

**كوكبة** : مجموعة من النجوم تبدو للراصد من الأرض كما لو كانت تعطى شكلا معينا فى القبة السماوية التى تحوى ٨٨ كوكبة . : **Constellation**

**لب** ( **قلب** ) : وهو المنطقة المركزية للجرم السماوى والتى تحدث فيها التفاعلات النووية الاندماجية المولدة للطاقة فى النجوم بينما يكون اللب فى الكواكب كثيفا صلبا ساخنا . : **Core**

**غلاف الشمس** : وهى الطبقة الخارجية للغلاف الجوى للشمس وبها غازات ساخنة ( تتعرى ذراتها من الإلكترونات ) وتتمدد باستمرار خارج الشمس مكونة الرياح الشمسية ولا يمكن رؤيتها إلا فى حالة الكسوف الكلى أو باستخدام جهاز الكورونوجراف . وبالمثل فى غلاف المذنب تمتد خارج نواته ملايين الأميال . : **Corona**

**الأشعة الكونية** : وهى جسيمات ذرية مشحونة تتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء ، ويعتقد أنها من نواتج انفجار سوبرنوفا أو العمليات العنيفة بالنجوم . : **Cosmic rays**

**الحفر النيزكية** : شقوق سطحية للكواكب والأقمار تتكون بتصادم النيازك أو حول فوهات البراكين . : **Craters**

**قشرة** : وهى الطبقة الصلبة السطحية لكوكب أو قمر . : **Crust**

**ديوتيرون** : نواة نظير الأيدروجين التى تحتوى على بروتون واحد ونيوترون واحد . وتنتج هذه النواة فى تفاعلات الاندماج النووى . : **Deuteron**

**تأثير دوبلر** ظاهرة ضوئية وصوتية تحدث نتيجة تغير الطول الموجى أو التردد لمصدر متحرك قربا أو بعدا عن الراصد . : **Doppler effect**

**دائرة البروج** : المسار السنوى الظاهرى للشمس بالنسبة لخلفية النجوم فى القبة السماوية نتيجة مدار الأرض حول الشمس مرة كل عام . : **Ecliptic**

**الإشعاع الكهرومغناطيسى** : سيل من الطاقة ناتج من تسارع جسيمات مشحونة مثل الإلكترونات التى تصدر عندئذ هذا الإشعاع الذى ينطلق بسرعة الضوء على هيئة جسيمات تدعى الفوتونات أو على هيئة أمواج كهرومغناطيسية . : **Electromagentic radiation**

**طيف كهرومغناطيسى** : ويشمل مدى واسعا ابتداء من التردد المنخفض . ( الطول الموجى الكبير ) لأمواج الراديو تصاعديا نحو الأشعة تحت الحمراء ، فالضوء المرئى ، فالأشعة فوق البنفسيجية ، إلى التردد العالى ( الطول الموجى القصير ) لأشعة إكس وأشعة جاما . : **Electromagnetic spectrum**

**الإلكترون** : جسيم ذرى سالب الشحنة يدور حول النواة . ولكن قد يغادر ذرته فى عمليات التأمين ويصبح إلكترونا حرا . : **Electron**

**جسيمات ذرية أولية** : وهى أصغر مكونات المادة والطاقة . : **Elementary particle**

**Emission lines** : **خطوط طيف الانبعاث** : وهى خطوط لامعة تظهر فى الطيف الناتج من انبعاث الضوء بطول موجى معين عند تسخين المصدر وتبخير عناصره ومكوناته ليعطى البصمة المميزة له فى هذه الخطوط .

**Escape velocity** **سرعة الهروب** : وهى أصغر سرعة انطلاق لازمة لأى جسم ليتغلب على جاذبية الجرم السماوى المراد الهروب منه .

**Exotic particles** **جسيمات دخيلة** : وهى جسيمات تتولد ذاتيا فقط فى حالات الضغط الأقصى مثل لحظة الانفجار العظيم عند نشأة الكون أو فى باطن النجوم النيوترونية .

**Galaxy** : **مجرة** : مجموعة من النجوم والغاز والتراب الكونى ، والتى قد تحتوى على ملايين وحتى مئات البلايين من النجوم المتماسكة بالجاذبية المتبادلة بين هذه الأجرام . ونحن معشر البشر نعيش فى إحدى مجرات الكون والتى تسمى مجرة الطريق اللبنى أو سكة التبانة .

**Gravitational lens** : **عدسة تجاذبية** : وهى جسم ضخم مثل المجرة يقع بين الأرض ( الراصد ) ومصدر ضوئى بعيد ( غالبا كوازار أى شبه نجم ) . ويعمل المجال التجاذبى لهذه العدسة على انحناء الضوء القادم بمجرد اقترابه منها فتظهر للراصد صورتان مكبرتان مشوهتان أو أكثر للمصدر الضوئى البعيد .

**Gravitational waves** : **أمواج الجاذبية** : إشعاع يصدر من الأجرام المتسارعة أو المضطربة مثل اهتزاز الثقوب السوداء أو النجوم المتفجرة ( سوبرنوفا ) . وهذه الأمواج تنتشر فى كل أرجاء الكون بسرعة الضوء كما تتوقع النظرية النسبية العامة .

**Gravity** : **جاذبية** : وهى القوة المسئولة عن تجاذب الكتل مع بعضها وهى إحدى القوى الأساسية فى الطبيعة .

**Hydrogen** : **أيدروجين** : وهو أعظم العناصر انتشارا فى الكون . والأيدروجين المتعادل تحتوى ذرته على بروتون واحد وإلكترون واحد ، أما الأيدروجين المتأين فذرته موجبة الشحنة لاحتوائها على بروتون واحد فقط بعد تعرية الذرة من إلكترونها ، أما الأيدروجين الجزيئى فيتكون من جزيئات كل منها يحتوى على ذرتين من الأيدروجين .

**Ion** : **أيون** : ذرة فقدت أو اكتسبت إلكترونا أو أكثر . وبذلك فالأيون الموجب لعنصر يحتوى على إلكترونات أقل منها فى ذرته المتعادلة ، بينما الأيون السالب يحتوى على إلكترونات أكثر .

**Kelvin** : **كلفن أو مطلق** : مقياس لدرجات الحرارة يبدأ بالصفر المطلق المعادلة لدرجة ــ ٤٥٩,٦٩° فهرنهيت .

**Light year** : **سنة ضوئية** : وحدة فلكية لقياس المسافة وتساوى المسافة التى يقطعها الضوء فى الفراغ فى زمن قدره سنة أرضية واحدة ، أى ما يساوى ٥,٩ تريليون ميل .

**LMC / SMC** : **سحب ماجلان** : وهما سحابتان أحدهما كبرى والأخرى صغرى قريبتان من مجرتنا ــ سكة التبانة .

**Magma** : **الصهارة** : صخور منصهرة متكونة تحت قشرة الكواكب .

**Magnetic field** : **مجال مغناطيسى** : وهو المنطقة التى تظهر فيها آثار المغناطيسية والمحيطة بالجسم الممغنط . وتتأثر البوصلة مهتزة فى المجال المغناطيسى الضعيف لكواكب الأرض ، وهناك مجالات

أكبر من مليون بليون مرة قدرة مجال الأرض كما فى الأجرام الفلكية . والمغناطيسية إحدى القوى الأساسية فى الطبيعة .

**Magnetic field lines** : **خطوط القوى المغناطيسية** : وهى خطوط وهمية تنبعث من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى للكوكب ( أو المغناطيس ) . ولكنها تلتوى فى المناطق النشطة من سطح الشمس فتتكون ما يسمى بالبقع الشمسية .

**Magnetometer** : **مقياس مغناطيسى ( مغناطومتر )** : وهو الجهاز المستعمل لقياس شدة واتجاه أى مجال مغناطيسى .

**Magnitude** : **قدْر** : وهو لمعان جسم بالنسبة لجسم آخر . والقدر الظاهرى هو لمعان جسم فى السماء كما يبدو وللراصد من الأرض ، أما القدر المطلق فهو لمعان الجسم السماوى على بعد عيارى معين من الأرض .

**Main sequence** : **التتابع الرئيسى** : منطقة قطرية فى شكل هرتز سبرونج ـــ راسل الذى يحتوى على ٩٠٪ من النجوم .

**Mantle** : **رداء ( وشاح )** : وهو الطبقة الواقعة فى باطن الكوكب بين القشرة واللب .

**Metallic hydrogen** : **أيدروجين معدنى** : وهو المتكون فى لب الكوكب نتيجة الضغط العالى ويعتقد أنه مشابه فى الخواص للزئبق . وهناك أيضا الماء المعدنى المتصلب تحت الضغوط الفائقة .

**Meteoroids** : **النيازك أو النجوم القاذفة** : وهى قطع صغيرة معدنية أو صخرية تدور حول الشمس وعندما تدخل الغلاف الجوى للأرض قد تحترق تماما وتسمى شهاب ، وقد يتبقى منها جزء يصطدم بالأرض يسمى نيزك أرضى .

**Micrometeoroids** : **النيازك المجهرية** : غبار ما بين الكواكب والنجوم يتكون من جسيمات دقيقة تتحرك بسرعات عالية .

**Nebula** : **سديم** : أى سحابة غاز وغبار بين النجوم تمثل غالبا مولد نجم أو بقايا نجم ميت .

**Neutrino** : **نيوترنيو** : دقيقة ذرية غير مشحونة ذات كتلة صغيرة أو مهملة . وتتولد كمنتج ثانوى فى التفاعل النووى الاندماجى الحادث فى باطن الشمس والنجوم .

**Neutron** : **نيوترون** : دقيقة ذرية غير مشحونة كتلتها تساوى تقريبا كتلة البروتون . وتوجد فى جميع نوى الذرات ما عدا نواة الأيدروجين العادى .

**Nodes** : **عُقد** : وهما النقطتان اللتان تحددان مكان تقاطع مدار جرم سماوى مع مدار آخر . فعندما يدور جرم حول الشمس قاطعا مستوى دائرة البروج مثلا فإنه يمر بالعقدة الصاعدة عندما يجرى من الجنوب إلى الشمال ، ويمر بالعقدة الهابطة عندما يجرى من الشمال إلى الجنوب .

**Nuclear fission** : **الانشطار النووى** : انقسام نواة الذرة مولدًا طاقة هائلة .

**Nuclear fusion** : **الاندماج النووى** : اندماج نواتى ذرتين لتكوين نواة أثقل مع انطلاق طاقة هائلة ، تماما كما يحدث فى النجوم عندما تندمج نواتى ذرتين أيدروجين لتكوين نواة هيليوم لتحرير الطاقة على هيئة ضوء وحرارة .

**Nucleosynthesis** : **التمثيل النووى** : وهو عملية خلق العناصر الأثقل من الأيدروجين والهيليوم بالتفاعلات النووية .

**Nucleus** : **النواة** : وهى المركز الكثيف فى الذرة المتكون من بروتونات ونيوترونات والتى تدور حولها الإلكترونات . وهى أيضا اللب الصخرى المتجمد للمذنب وأيضا المنطقة المركزية للمجرة .

**Objective lens** : **عدسة شيئية** : وهى عدسة أو مجموعة عدسات تعمل فى التلسكوب على تجميع الضوء القادم من الأجسام فى البؤرة .

**Orbit** : **مدار** أى مسار جسم يدور حول جسم آخر بشكل دائرى أو أهليلجى تحكمة قوانين الحركة والجاذبية .

**Ozone** : **أوزون** : غاز يتكون من ثلاث ذرات أكسجين . وهو غير مستقر بعكس جزىء غاز الأكسجين العادى المكون من ذرتين . ويوجد الأوزون فى قاع الغلاف الجوى

العادى المكون من ذرتين . ويوجد الأوزون فى قاع الغلاف الجوى للأرض كمظلة واقية لنا لأنها تمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة القادمة من الشمس .

**Parallax** : **تغير الوضع الظاهرى** : طريقة لقياس بعد النجوم . فالحركة الظاهرية لنجم بالنسبة لنجوم الخلفية خلال ستة شهور تحدد موضع النجم ، فكلما كان تغير الوضع الظاهرى كبيرا كلما كان النجم المرصود قريبا .

**Particle** : **جسيم** : وهو أصغر جزء من المادة كالجسيمات الأولية داخل الذرة مثل الإلكترون والبروتون والنيوترون . وأيضا مثل أصغر مكونات الغاز كالذرة والجزىء . وكذلك أصغر مكونات المادة الصلبة فى التراب الكونى بين النجوم .

**Payload** : **المعدات العلمية** : وهى الحمولة اللازمة للأهداف العلمية لرحلة المكوك ، وليست حمولة تشغيله .

**Perigee** : **الحضيض** : النقطة التى عندها يكون الجسم فى مداره حول الشمس أقرب ما يمكن إليها .

**Perihelion** : **الحضيض** : النقطة التى عندها يكون الجسم فى مداره حول الأرض أقرب ما يمكن إليها .

**Planet** : **كوكب** : جرم ضخم يدور بجاذبية نجم معين وينير فقط بالضوء المنعكس على سطحه ( وليس بالضوء الذاتى كما فى النجوم ) .

**Planetesimals** : **أجنة الكواكب** : وهى أجرام بدائية صغيرة تدور حول شمس حديثة الولادة فى السديم الشمسى ، وتعتبر الكتل اللازمة لبناء الكواكب .

**Plasma** : **البلازما** غاز يتكون من ذرات متأينة ممثلا للحالة الرابعة للمادة التى أصبحت الآن فى الحالات الصلبة والسائلة والغازية والبلازما .

**Polarimeter** : **مستقطب** : جهاز لقياس استقطاب ( أو اتجاه ذبذبة ) موجات الضوء فى مستوى معين .

**Positron** : **البوزيترون أو الإلكترون الموجب** : لأنه مساو للإلكترون فى الكتلة ومخالف له فى الشحنة ( نوعا وليس مقدارا ) .

**Proto –** : **أولى** : يمثل المرحلة الأولى للشىء الذى لم يتم تكوينه بعد تماما كما فى حالة جنين الأرض أو جنين النجم أو جنين الشمس .

**Proton** : **بروتون** : جسيم ذرى أولى موجب الشحنة وكتلته تعادل حوالى ٢٠٠٠ إلكترون ، وموجود أساسا فى كل نوى الذرات .

**Reflector** : **عاكس الأشعة** : مرآة تستخدم فى انعكاس الأشعة الساقطة لتجميعها فى بؤرة ، كما فى التلسكوب العاكس .

**Refractor** : **كاسر الأشعة** : عدسة تستخدم لتجمع بالانكسار الأشعة الساقطة ، كما فى التلسكوب .

**Revolution** : **دوران** : التحرك فى مسار دائرى حول مركز معين .

**Rotation** : **دوران مغزلى** : التحرك بالدوران المغزلى حول محور معين .

**Shock waves** : **أمواج الصدمة** : زيادة عالية فى الضغط والكثافة والحرارة تؤدى إلى الانتشار كموجة خلال وسط . وتحدث عادة بتراكم اضطراب معين لم يتم تشتيته بسرعة .

**Solar system** : **النظـــام الشمسى** : الشمس والكواكب والكويكبات والمذنبات وباقى الأجرام التى تدور كلها حول الشمس . وهو أيضا نظام نجمى يمثل دوران الأجرام التابعة حول نجم معين .

**Solar wind** : **الرياح الشمسية** : سيل مستمر من الجسيمات المشحونة عالية الطاقة المتولدة فى الغلاف الغازى للشمس ( الكورونا ) ، والتى تهب فى النظام الشمسى دون انقطاع .

**Spectral type** : **طراز طيفى** : وهو لتقسيم نوع النجوم حسب درجة حـرارة سطحها وطيفها .

**Spectrograph** : **المطياف** : جهاز يمكن توصيله بتلسكوب لتسجيل صورة طيفية لجسم متوهج كالنجوم . وهو أحد الأجهزة الهامة اللازمة للفلكيين لدراسة الأجرام السماوية .

**Spectrum** : **الطيف** : وهو تتابع الألوان فى قوس قزح أو الترددات المكونة للضوء المرئى ، والتى يتم تحليلها إلى مركباتها التى تتراوح بين اللون الأحمر طويل الموجة إلى اللون البنفسجى قصير الموجة . ويظهر الطيف أيضا فى خطوط طيف الانبعاث أو الامتصاص .

**Subatomic particles** : **جسيمات أولية** : أى الجسيمات الأصغر من الذرة كالبروتـون أو أجزائه .

**Sunspots** : **بقع شمسية** : بقع معتمة على سطح الشمس ناتجة عن تشتت خطوط القوى المغناطيسية . وهذه البقع ينمو عددها وينقص ، فى دورة زمنها ١١ سنة .

**Superfluid** : **سائل فوق المائع** : سائل تنعدم مقاومته للسريان حتى أنه يستطيع السريان إلى أعلى . فهو مائع ( سوبر ) ربما يتواجد فى قلب النجم النيوترونى .

**Thrust** : **دفع** : قوة محركة للصواريخ أو لسفن الفضاء .

**Tidal forces** : **قوى مد وجذر** : وهى القوة الناتجة عن الفرق بين قوتى تجاذب مختلفتين مؤثرتين على جانبين متقابلين من جسم معين .

كتب تايم لايف

# دائــــرة معـــــارف القرن الحادى والعشرين
## للعلوم والتكنولوجيا المتطورة والطبيعة

١ عصر الحاسب الآلى (الكمبيوتر) 1
٢ الفضاء والكواكب 2
٣ القوى الفيزيائية 3
٤ علم البيئة 4
٥ سلوك الحيوان 5
٦ بنية المادة 6
٧ وسائل النقل والمواصلات 7
٨ الجغرافيا 8
٩ حياة النبات 9
١٠ الآلات والاختراعات 10

**الاشراف العام العلمى واللغوى والتربوى**
الأستاذ أسامة عبد الكريم السكرى ....... وكيل أول وزارة التربية والتعليم (سابقاً)
الأستاذ الدكتور حسن محمد عبد الشافى ........... وكيل أول وزارة التربية والتعليم
الأستاذ عبد الجليل حماد ............................... وكيل وزارة التربية والتعليم

**المراجعة العلمية المتخصصة**
الأساتذة بكليات الهندسة والعلوم والآداب والتربية والبنات بجامعات القاهرة وعين شمس والأزهر والأسكندرية
أ.د. محمد أديب رياض غنيمى | أ.د. محيى الدين عبد اللطيف قناوى | أ.د. منصور محمد حسب النبى
أ. مراد إبراهيم الدسوقى | أ.د. محمد أحمد حمودة | أ.د. محمد سمير عبد المعز
أ.د. محمد صابر سليم | أ.د. فتحى محمد أبو عيانة | أ.د. علاء الدين بهجت

**الترجمة**
المترجمون المتخصصون والأعضاء بالمنظمات العربية والتعليم
أ. جمال سليمان عبد الرحيم | أ. عبد الرؤوف محمد حسنين | أ. ريهام أسامة السكرى
أ. غادة أسامة السكرى | أ. محمد نبيل عبد الله محمود | أ. ميسرة محمد عبد الرحمن
أ. صفوت عبد الحافظ صابر

مستشار الطباعة: أحمد عارف حسن الزين
المستشار الفنى: عــــادل البطراوى





**دار الكتاب المصرى**
القاهرة
٣٣ شارع قصر النيل. تليفون: ٣٩٢٢١٦٨/ ٣٩٣٤٣٠١/ ٣٩٢٤٦١٤
ص.ب.: ١٥٦ - الرمز البريدي: ١١٥١١ - برقياً: كتامصر - القاهرة
تلكس: ATT: Mr. Hassan El - Zein 23881, 22481 - القاهرة
فاكسميلي ٣٩٢٤٦٥٧ (٢٠٢) FAX: (202) 3924657

**دار الكتاب اللبنانى**
بيروت
شارع مدام كوري - تجاه فندق بريستول - بيروت
تليفون: ٣٥١٤٣٣
صندوق بريد: ٨٣٣٠ - ١١ بيروت - لبنان. برقياً: داكلبان
فاكسميلي ٣٥١٤٣٣ (٩٦١١) FAX: (9611) 351433
TELEX: DKL 23715 LE ATT: Mr. HASSAN El - ZEIN

**كتب تايم لايف** TIME LIFE BOOKS
رئيس تنفيذى TREVOR LUNN
مدير تنفيذى HANS BERGMANS
Tel : 5104911
Fax: 6140438
Time - Life Books Europe
Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
The Netherlands





الطبعة الأولى ١٤١٧ هـ - ١٩٩٧ م
AD 1997 - H 1417
رقم الايداع: ٩٥ / ٧٠١٦
I.S.B.N. 977 - 238 - 647 - 6